



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt

HOCHSCHULE  
FURTWANGEN  
UNIVERSITY



# Bachelor-Thesis

Smart Scheduling der Beobachtung von Satelliten und Weltraumschrott

von

Maximilian Schlögel  
Medical Engineering

Prüfer

1. Prüfer: Prof. Dr. Edgar Jäger; HFU
2. Prüfer: Dr. Daniel Hampf; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

## Abstract

### Thema :

**Smart Scheduling der Beobachtung von Satelliten und Weltraumschrott**

**Verfasser:** Maximilian Schlögel

**1. Prüfer:** Prof. Dr. Edgar Jäger

**2. Prüfer:** Dr. Daniel Hampf

**Semester:** 7

### Kurzfassung:

Das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum entwickelt unter anderem Techniken zur Vermessung und Beobachtung von Satellitenbahnen und Weltraumschrott. Um diese Messungen und Beobachtungen koordiniert und effizient zu planen, wird ein Scheduler benötigt. Die vorliegende Bachelorarbeit hat das Ziel, einen Scheduler für die automatische Erstellung eines Beobachtungsplanes zur Observation von Weltraumschrott und Satelliten zu beschreiben und zu implementieren.

Auf Basis einer Literaturrecherche, praktischen Selbstversuchen der Beobachtung von Satelliten und Weltraumschrott und der Bewertung ausgewählter Verfahren, wurde ein prioritätenbasierter Scheduler implementiert.

Durch dynamische, funktionsorientierte Positivtests konnte die korrekte Funktionalität des Programmes nachgewiesen werden. Des Weiteren wurde ein Interface zum Vornehmen grundlegender Einstellungen für den Scheduler sowie zur Visualisierung entworfen und programmiert.

Das Tool, welches als Erweiterung zur bisherigen Software des Instituts für Technische Physik des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums zur Ansteuerung und Überwachung von Observationen dient, wurde in Python implementiert.

**Schlüsselwörter:** Scheduling, Smart Scheduling, prioritätenbasiertes Scheduling, Weltraumschrott

**Title:****Smart scheduling of the observation of satellites and space debris****Author:** Maximilian Schlögel**1. Examiner:** Prof. Dr. Edgar Jäger**2. Examiner:** Dr. Daniel Hampf**Semester:** 7**Abstract:**

The German Aerospace Center develops new technologies for the observation and ranging from satellites and space debris. To handle these tasks in a coordinated and efficient way a scheduler is needed. This thesis describes the design and implementation of a smart scheduler for observations of satellites and space debris. Based on literature review and gaining practical experience of space debris and satellite observations, a priority-based scheduler was chosen.

Dynamic and performance-based tests were carried out and confirmed the correct execution of the scheduling algorithm. Furthermore a graphical user interface was developed to allow a user to set several basic parameters for the scheduler and to display the resulting schedules.

The tool was implemented in Python, as an extension for "OOOS", an existing software package for the observation of orbital objects, which was developed in-house at the German Aerospace Centre Institute for Technical Physics.

**Keywords:** scheduling, smart scheduling, priority based scheduling, space debris

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und hierzu keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß aus fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

Hattenhofen, den

Maximilian Schlögel

## Inhaltsverzeichnis

Abstract	i
Eidesstattliche Erklärung	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	vi
1 Einleitung	1
1.1 Weltraumschrott und Satelliten	1
1.1.1 Beobachtung von Weltraumschrott	2
1.1.2 Laser Ranging	3
1.2 Beobachtungsstation Uhlandshöhe	4
1.3 Kontrollsoftware OOOS	4
2. Zielsetzung und Anforderungen	6
2.1 Szenarienbeschreibung	6
2.2 Projektziel	6
2.3 Pflichtenheft Scheduler	7
2.4 Pflichtenheft Interface Scheduler	8
3 Scheduling zur Beobachtung von Observationen	9
3.1 Schedulevarianten	9
3.1.1 Methoden des Lean Management	9
3.1.2 Optimierungsproblem	11
3.1.3 Prioritätenbasiertes Scheduling	13
3.2 Auswahl des Schedulers	14
3.2.1 Beschreibung des Bewertungsverfahrens	14
3.2.2 Bewertung des FIFO	14
3.2.3 Bewertung des LIFO	15
3.2.4 Bewertung des Optimierungsproblems	15
3.2.5 Bewertung des prioritätenbasierten Scheduling	16
3.2.6 Fazit der Bewertungen	17
3.3 Einfluss des Benutzers auf den Scheduler	17
3.4 Schedulealgorithmus	19
3.4.1 Überblick Schedulevorgang	19
3.4.2 Überprüfung der Priorität eines Objektes	21
3.4.3 Auswahl und Charakterisierung der Kriterien	24
3.4.4 Einteilung geplanter Beobachtungen	25

3.4.5 Vermeidung zeitlicher Kollisionen	26
4 Programmaufbau	29
4.1 Wichtige Klassen	29
4.1.1 time_scheduler	29
4.1.2 scheduler_plot_structure	29
4.1.3 scheduler_plot_data	30
4.2 Beziehungen der Klassen	30
4.3 Implementierung in OOOS	31
4.4 GUI	31
4.4.1 Aufbau der GUI	32
4.4.2 Mögliche Userinteraktionen	33
5 Tests	35
5.1 Testszenario "eine Kampagne"	36
5.1.1 Kriterienwahl Szenario 1	36
5.1.2 Kriterienwahl Szenario 2	37
5.1.3 Kriterienwahl Szenario 3	38
5.2 Testszenario "mehrere Kampagnen"	40
5.2.1 Kriterienwahl Szenario 4	40
5.2.2 Kriterienwahl Szenario 5	41
5.3 Testszenario "komplette Überflüge"	42
6 Resultat und Ausblick	44
6.1 Summarium	44
6.2 Möglichkeiten der Verbesserung	45
6.3 Ausblick	45
Literaturverzeichnis	46
Anhang	48

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltraumschrott	1
Abbildung 2: Anzahl von Objekten im Orbit 1956-2018	2
Abbildung 3: Standort Beobachtungsstation Uhlandshöhe	4
Abbildung 4: Prinzipskizze First In First Out	9
Abbildung 5: FIFO Scheduling von orbitalen Objekten	10
Abbildung 6: Prinzipskizze Last In First Out	11
Abbildung 7: LIFO Scheduling von orbitalen Objekten	11
Abbildung 8: Ablaufdiagramm Scheduler	20
Abbildung 9: Ablaufdiagramm Sortieralgorithmus	22
Abbildung 10: Struktogramm Prioritätenvergleich	23
Abbildung 11: Aufteilung Sektoren	25
Abbildung 12: Einteilung einer Sichtbarkeit	26
Abbildung 13: Kollisionen Beispiel	27
Abbildung 14: Zuschnitt der kollidierenden Sichtbarkeiten	28
Abbildung 15: Beziehungen der Klassen	31
Abbildung 16: Scheduler Interface nach Start	32
Abbildung 17: Einstellungsfenster Scheduler	33
Abbildung 18: Priority Window	34
Abbildung 19: Stations- und Schemulereinstellungen "eine Kampagne"	36
Abbildung 20: Kriterieneinstellungen Szenario 1	37
Abbildung 21: Kriterieneinstellungen Testszenario 2	38
Abbildung 22: Kriterieneinstellung Testszenario 3	39
Abbildung 23: Kriterieneinstellung Testszenario 4	40
Abbildung 24: Kriterieneinstellung Testszenario 5	41
Abbildung 25: Stations- und Schemulereinstellungen "kompletter Überflug"	43
Abbildung 26: Kriterieneinstellungen Testszenario "kompletter Überflug"	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungstabelle FIFO	15
Tabelle 2: Bewertungstabelle LIFO	15
Tabelle 3: Bewertungstabelle Optimierungsproblem	16
Tabelle 4: Bewertungstabelle prioritätenbasiertes Scheduling	16
Tabelle 5: Summe Bewertungstabellen	17



## Abkürzungsverzeichnis

FIFO:	First In First Out
LIFO:	Last In First Out
TSP:	Travelling Salesman Problem
OOOS:	Orbital Objects Observation Software
TLE:	Two Line Element
MEO:	Medium Earth Orbit
radarCS:	Radar Cross Section
NP:	Normal Point
ILRS:	International Laser Ranging Service
UTC:	Universal Time Coordinated
SLR:	Satellite Laser Ranging
DLR:	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

## 1 Einleitung

Mit dem erfolgreichen Start des russischen Satelliten Sputnik 1 am 4. Oktober 1957 begann eine neue Ära in der Menschheitsgeschichte: die Raumfahrt.

Vorangetrieben durch den kalten Krieg, entwickelte sie sich zu einem großen Forschungs- und Industriezweig. Neben den weltweit bekannten Missionen, wie der Mondlandung im Jahr 1969 oder der Landung des Marsrovers Curiosity im August 2012, gibt es viele weitere Forschungs- und Militärprojekte wie Spionagesatelliten, Wettersatelliten oder GPS Satelliten.

### 1.1 Weltraumschrott und Satelliten

Sowohl im Orbit als auch schon beim Start jener Satelliten bestehen für diese viele Gefahren. So können sie unter anderem beim Startvorgang explodieren oder im Orbit durch Kollisionen in viele Einzelteile verstreut werden. Diese Ereignisse sowie abgeschaltete oder defekte Satelliten verursachen ein großes, noch immer ungelöstes Problem für die Raumfahrt: Weltraumschrott.

Weltraumschrott sind alle menschengemachte Objekte sowie deren Teile und Elemente, welche sich im Erdenorbit befinden bzw. wieder in die Atmosphäre eindringen und keine Funktion erfüllen [1, S. 1].

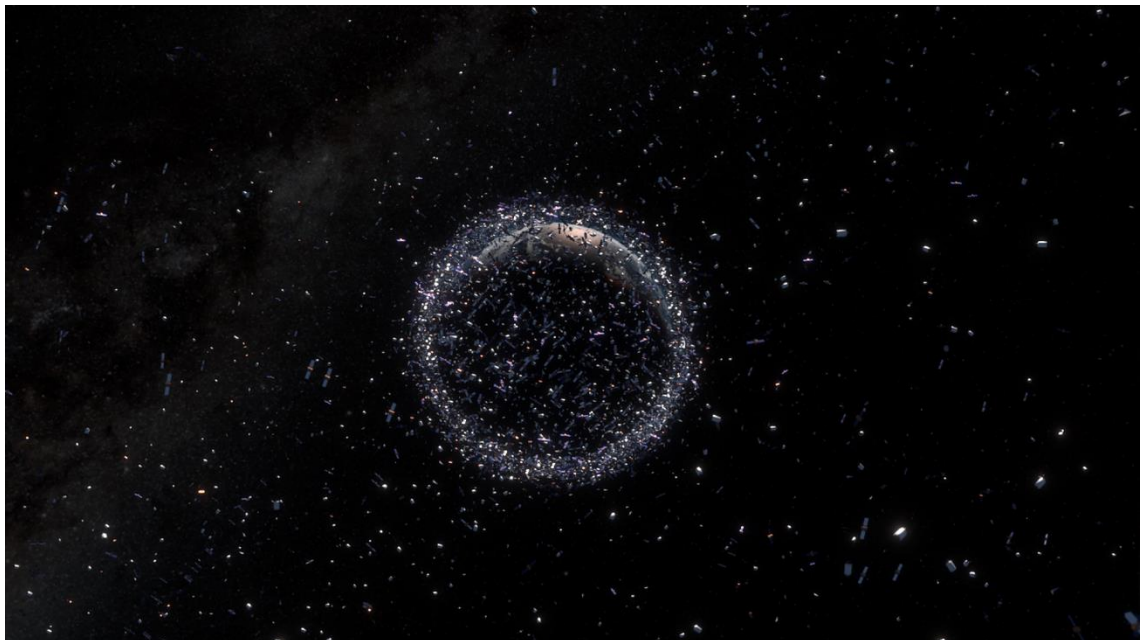


Abbildung 1: Weltraumschrott [2]

In Abbildung 1 wird die Problematik der vielen Teile im Orbit dargestellt. Diese Teile können aktive Satelliten oder Raumstationen (ISS) beschädigen und somit den Erfolg der Mission und/oder die Crew in Gefahr bringen.

### 1.1.1 Beobachtung von Weltraumschrott

Um diese Gefahren zu verhindern, ist es von enormer Bedeutung alle Satelliten und den Weltraumschrott genau zu beobachten, um so deren Flugbahnen und Eigenschaften zu kartographieren und festzuhalten.

So können Kollisionen wie die der Satelliten Iridium 33 und Cosmos 2251 am 10. Februar 2009 durch Ausweichmanöver verhindert werden. Das Space Surveillance Network konnte bis zum 5. August 2009 1313 der Kollision zugehörige Teile katalogisieren [3, S. 1]. Mit jedem weiteren Objekt oder Bruchstück steigt die Wahrscheinlichkeit einer Kollision und somit das Risiko für zukünftige Missionen.

Der rasante Anstieg von Weltraumschrott und anderen Objekten im Orbit ist in Abbildung 2 zu sehen. Auch die Auswirkung der Kollision der beiden Kommunikationssatelliten (Iridium 33 und Cosmos 2251) ist als deutlicher Anstieg an Schrottteilen im Jahr 2009 abgebildet.

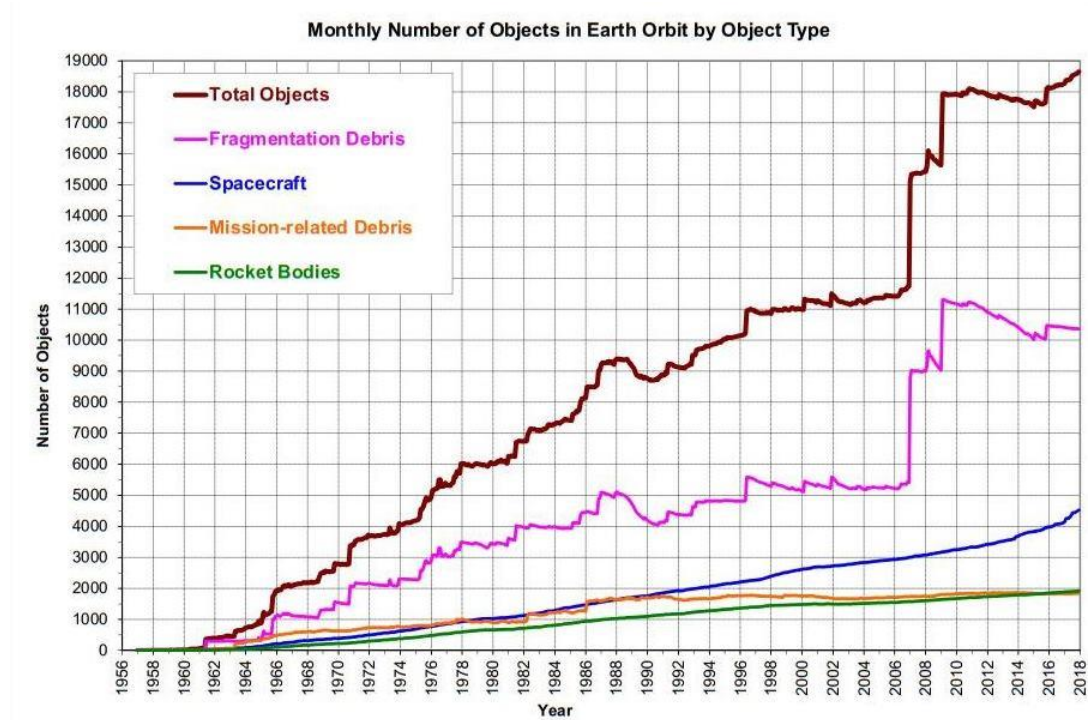


Abbildung 2: Anzahl von Objekten im Orbit 1956-2018 [4, S. 10]

### 1.1.2 Laser Ranging

Satellite Laser Ranging (SLR) dient der Bestimmung des Abstandes zwischen einer Bodenstation und einem Satelliten oder einem Weltraumschrottteil. Der Abstand wird aus der Laufzeit eines Laserpulses von der Station bis zum Satelliten und dem reflektierten Strahl, der von einem Photonen Detektor empfangen wird, ermittelt. Diesem Messverfahren liegt das Weg-Zeit-Gesetz zugrunde:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Geschwindigkeit (v) ist gleich der Strecke (s) geteilt durch die dafür benötigte Zeit (t). Diese Formel wird nach der Strecke umgestellt und die Zeit durch zwei geteilt, da die Zeit für Hin- und Rückweg gemessen wurde:

$$s = \frac{t}{2} * v.$$

Mit SLR können Umlaufbahnen bestimmt oder Verfahren der Geodäsie durchgeführt werden.

Um das gemeinsame Sammeln und Analysieren zu ermöglichen und so die Qualität und Quantität der Messung zu steigern, gibt es den International Laser Ranging Service (ILRS). Dem ILRS gehören verschiedene Laser Ranging Stationen weltweit an [5, S. 135]. Durch die Vielzahl an Stationen, das unterschiedliche Equipment und die verschiedenen Ausstattungen der Stationen, können systematische Fehler vermindert werden [6, S. 1].



## 1.2 Beobachtungsstation Uhlandshöhe

Die Beobachtungsstation Uhlandshöhe ist das Observatorium des Institutes für technische Physik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Es befindet sich auf dem Gelände der Sternwarte Stuttgart auf der Uhlandshöhe im Stadtteil Ostheim. Dort werden Laser Ranging Messungen und passiv-optische Beobachtungen, wie die Aufnahme von Lichtkurven, durchgeführt.

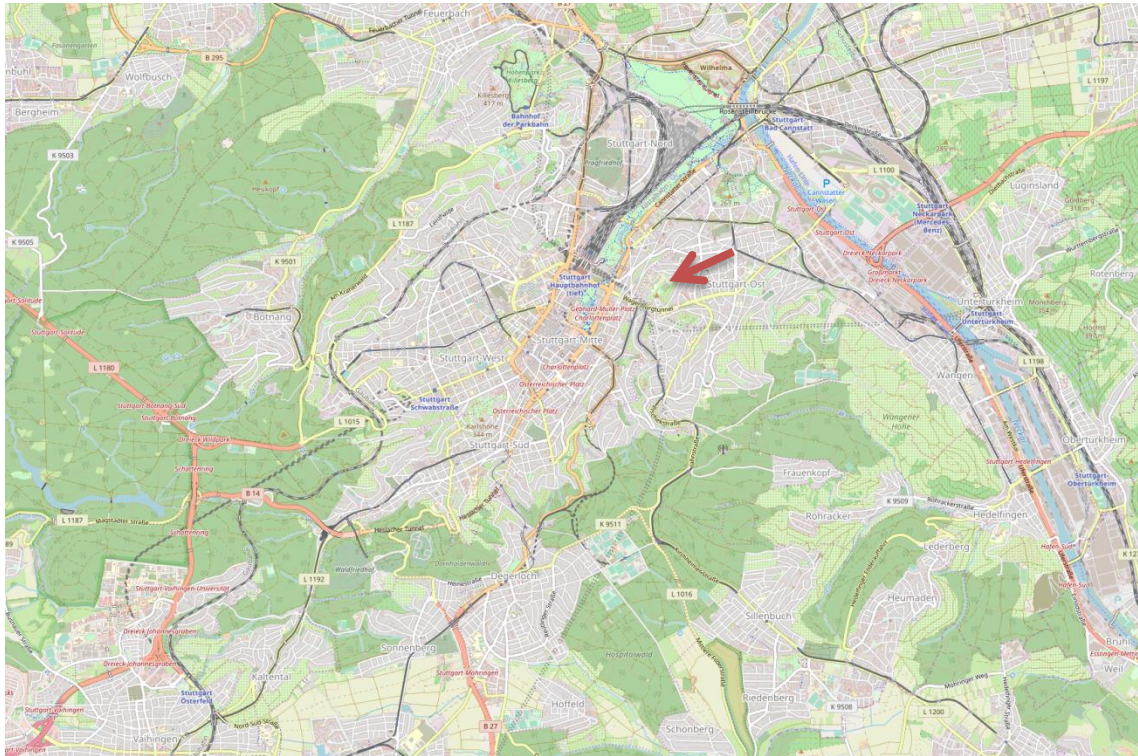


Abbildung 3: Standort Beobachtungsstation Uhlandshöhe [7]

## 1.3 Kontrollsoftware OOOS

Der Name der Kontrollsoftware OOOS steht für: „Orbital Objects Observation Software“, was übersetzt „Software für die Beobachtung orbitaler Objekte“ bedeutet. Die vier Hauptanwendungsfelder der Software sind:

- Planung von Beobachtungen
- Durchführung von passiv-optischen Beobachtungen
- Durchführung von Satellite Laser Ranging (SLR)
- Überwachung der Observationsstation

Die Software wird aktuell unter anderem zur Ansteuerung und Überwachung der in Kapitel 1.2 beschriebenen Beobachtungsstation Uhlandshöhe verwendet.

Das Tool ist modular aufgebaut und wurde am Institut für technische Physik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt entwickelt. OOOS wird in Python implemen-

tiert und gewährleistet durch Modularität, die Möglichkeit der Erweiterung um weitere Hardware und Unterprogramme [8, S. 1–4].

Über die Software können Sichtbarkeiten und Flugbahnen orbitaler Objekte berechnet und angezeigt werden. Die sichtbaren Objekte können für Beobachtungen ausgewählt und die Beobachtungsreihenfolge sowie Beobachtungszeiträume manuell eingestellt werden.

Für diese Berechnungen werden TLE (Two Line Element) Dateien verwendet. In diesen Dateien stehen die notwendigen Bahninformationen für die Berechnung.

## 2. Zielsetzung und Anforderungen

Die Anforderungen und Ziele des Projektes werden im folgenden Kapitel genau definiert. In Kapitel 2.1 wird zunächst die Anwendung und die Einsatzbedingungen, für die der Scheduler ausgelegt wird, beschrieben. Auf dieser Basis werden im Anschluss Ziele und Ansprüche definiert. Für eine konkrete und übersichtliche Abbildung jener wird nach dem allgemeinen Projektziel (Kapitel 2.2), dem Scheduler (Kapitel 2.3) und dem Interface des Schedulers (Kapitel 2.4) unterschieden.

### 2.1 Szenarienbeschreibung

An der in Kapitel 1.2 beschriebenen Beobachtungsstation Uhlandshöhe werden Laser Ranging Messungen sowie passiv-optische Beobachtungen wie das Aufnehmen von Lichtkurven durchgeführt. Auch für diese Szenarien soll der Scheduler anwendbar sein. Unter anderem sind für die verschiedenen Observationsarten unterschiedliche Angaben der Beobachtungsdauer angebracht. So ist beispielsweise für die Aufnahme von Lichtkurven eine Beobachtungsdauer in Sekunden oder Minuten sinnvoll, wohingegen beim Laser Ranging auch die Dauer der Aufnahme eines Normal Points sinnvoll ist. Darüber hinaus sind Kalibrationen bei der Aufnahme von Lichtkurven nicht notwendig, während diese beim SLR gemacht werden sollten. Für beide Arten der Beobachtung ist es auch wichtig, die Art der Objekte einschränken zu können, da manche Objekte sich je nach Beobachtungs- oder Betriebsart besser für die Observation eignen.

### 2.2 Projektziel

Die Hauptintention des Projektes ist die automatische Erstellung eines Beobachtungsplanes (Schedules) durch das implementierte Softwaretool. Dieser Plan soll verschiedene Möglichkeiten bzw. Einstellungen diverser Beobachtungssysteme sowie die Art der Beobachtung berücksichtigen.

Durch diesen automatischen Beobachtungsplan soll es ermöglicht werden, mehr Daten pro Nacht als bei manueller Planung aufzunehmen. Hinzukommend soll dieses Scheduling auch auf eine automatische Durchführung angewendet werden können.

## 2.3 Pflichtenheft Scheduler

Das Pflichtenheft des Schedulers ist im Folgenden in Form von Muss-, Kann- und Soll nicht Kriterien aufgestellt.

- **Was soll/muss der Scheduler können?**
  - Erstellung eines möglichst lückenlosen Beobachtungsplanes
  - Beachtung stationsspezifischer Parameter (max. Sonnenhöhe oder Beobachtung mit Kalibrationen)
  - Beachtung der Betriebsart (z.B. Laser Ranging)
  - Bedienung und Visualisierung in GUI
  - Einbettung in OOOS
- **Was kann/darf der Scheduler können?**
  - Kalibrationsphasen miteinbauen
  - Anpassung an unterschiedliche Szenarien
  - Usereingriff so gering wie möglich halten
  - Erneute Planung nach Ablauf einer bestimmten Zeit  $\Delta t$
- **Was soll der Scheduler nicht können?**
  - Planung der Beobachtung dem Nutzer selbst überlassen



## 2.4 Pflichtenheft Interface Scheduler

Gleichermaßen wie in Kapitel 2.3 wird das Pflichtenheft des Interfaces in Form von Muss-, Kann- und Soll nicht- Kriterien aufgestellt.

- **Was soll/muss das Interface können?**
  - Graphische Darstellung der Sichtbarkeitsintervalle der Objekte
  - Möglichkeit zur Planung des Schedules (Szenariospezifikation)
  - Anzeigen der Objektnamen als y- Achsenbeschriftungen
  - Anzeigen der Tageszeiten als x- Achsenbeschriftungen
- **Was kann/darf das Interface können?**
  - Verschiedene Farben für Objekte, Objekttypen oder Ähnliches
  - Zoom mit interaktiven Achsenbeschriftungen
  - Aktuelle Zeit im Graphen visualisieren
- **Was soll das Interface nicht können?**
  - Manuelle Erstellung des Schedules ermöglichen
  - Aktuelle Positionen der Objekte visualisieren

### 3 Scheduling zur Beobachtung von Observationen

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden verschiedene Möglichkeiten zur Umsetzung des Schedulers beschrieben. Im Anschluss wird eine der vorgestellten Schedulevarianten für die Erstellung eines Beobachtungsplans durch Bewertung ausgewählt.

Die Umsetzung dieser Schedulevariante wird im letzten Teil des Kapitels ausführlich beschrieben.

#### 3.1 Schedulevarianten

Für die Planung der Observation wurden verschiedene Lösungswege in Betracht gezogen:

1. Methoden des Lean Management (First In First Out und Last in First Out)
2. Optimierungsproblem
3. Vom Nutzer definierte Prioritäten

Diese drei Ansätze werden im Folgenden genauer beleuchtet.

##### 3.1.1 Methoden des Lean Management

Das Lean Management bietet simple, jedoch effektive Methoden für unterschiedlichste Prozesse verschiedenster Arbeitsschritte. Diese dienen fast immer der Vermeidung von Ressourcenverschwendung. Eine Methode, die eine festgelegte Reihenfolge eines Arbeitsprozesses definiert, ist das „First In First Out (FIFO)-Prinzip“.

Dieses Prinzip wird in der Lagerverwaltung eingesetzt. Wie der Name andeutet besagt das FIFO-Prinzip, dass derjenige Gegenstand eines Lagers, welcher zuerst eingeräumt wurde auch zuerst entnommen werden muss.

Zur graphischen Veranschaulichung ist dieses Prinzip in Abbildung 4 schematisch dargestellt.



Abbildung 4: Prinzipskizze First In First Out

Auf diese Weise ist es auch möglich, die Beobachtung von Satelliten und Weltraumschrott zu planen. Das Objekt, welches zum erstmöglichen Zeitpunkt sichtbar ist, wird beobachtet. Sobald die Beobachtung dieses Objektes abgeschlossen ist, kommt das Objekt, welches als nächstes sichtbar wurde.

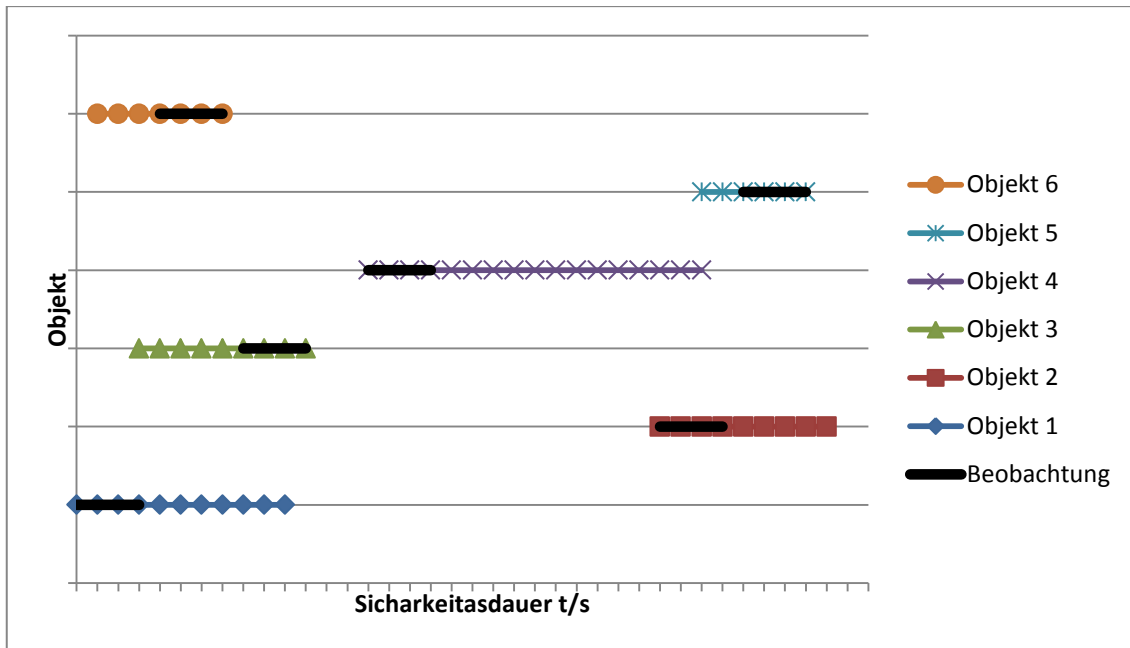


Abbildung 5: FIFO Scheduling von orbitalen Objekten

Wie in Abbildung 5 skizziert, wird bei einem FIFO-Scheduler immer das orbitale Objekt, welches am Entscheidungszeitpunkt seit der längsten Zeitspanne sichtbar ist, zur Beobachtung ausgewählt. In diesem Beispiel gibt es in dem gewählten Zeitraum sechs Objekte und die Beobachtungsdauer soll drei Zeiteinheiten sein. Am Start des Beobachtungszeitraumes ist nur ein Objekt sichtbar, wohingegen nach Beobachtung des Objektes 1, Objekt 6 und Objekt 3 sichtbar sind. Hier kommt die FIFO-Regel zum Einsatz. Da Objekt 6 schon länger sichtbar ist, wird dieses zur Beobachtung ausgewählt.

Das gegenteilige Prinzip zum FIFO-Prinzip ist das LIFO-Prinzip (Last In First Out). Bei Anwendung dieses Prinzips auf eine Lagerverwaltung wird der Gegenstand, welcher zuletzt dem Lager hinzugefügt wurde, als erstes wieder entnommen [9, S. 94].

Das LIFO-Prinzip ist in Abbildung 6 graphisch dargestellt. Auch dieses Prinzip lässt sich auf die Planung der Beobachtung orbitaler Objekte übertragen. So würde hierbei das Objekt, welches als letztes sichtbar wurde, als erstes beobachtet werden.

Die Entscheidung, welches Objekt als erstes oder letztes sichtbar wurde, bezieht sich nicht auf den gesamten Beobachtungszeitraum, sondern nur auf den Zeitpunkt, an welchem eine neue Beobachtung möglich ist.

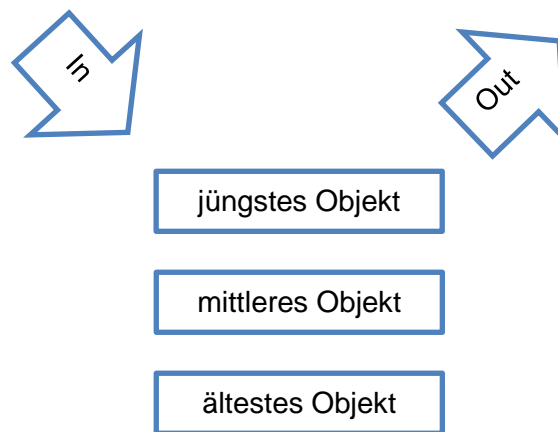


Abbildung 6: Prinzipskizze Last In First Out

Die Anwendung auf denselben Fall wie in Abbildung 5 ist in Abbildung 7 für das LIFO-Prinzip graphisch veranschaulicht.

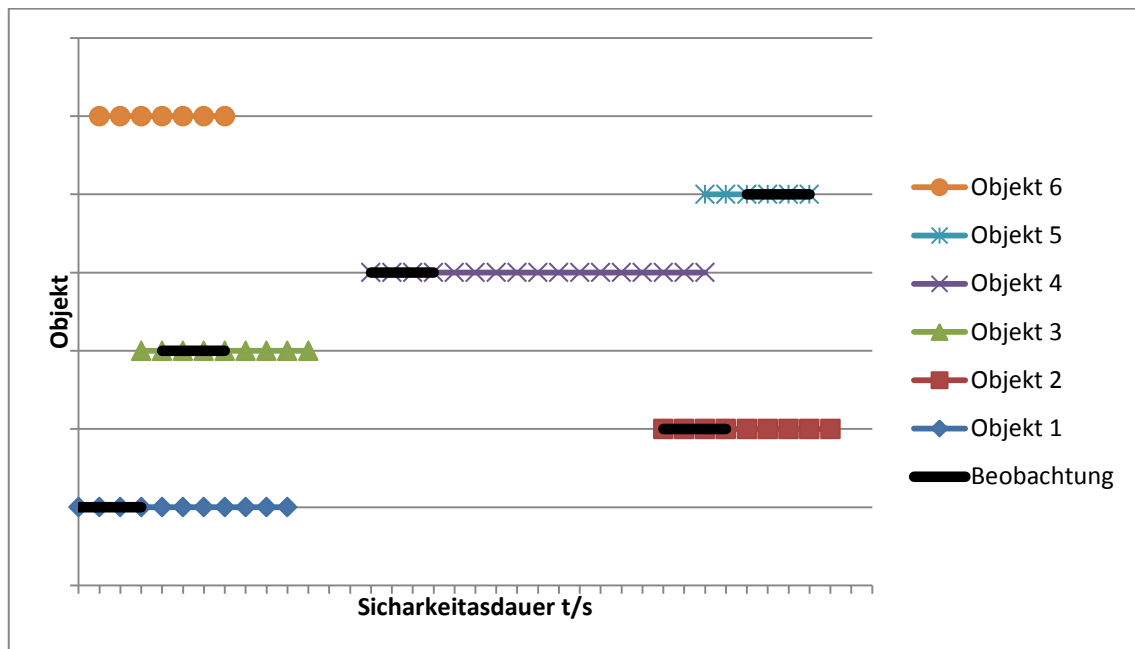


Abbildung 7: LIFO Scheduling von orbitalen Objekten

Wieder kann das erste Objekt als erstes beobachtet werden, da kein anderes Objekt zum selben Zeitpunkt sichtbar ist. Nach der Beobachtung des ersten Objektes sind die Objekte 6 und 3 sichtbar. Beim Einsatz des LIFO Prinzips wird Objekt 3 zur Beobachtung ausgewählt, da dieses erst später sichtbar wurde.

### 3.1.2 Optimierungsproblem

Eine weitere Variante zur Planung der Beobachtungen von orbitalen Objekten, ist die Idee, das Szenario als Optimierungsproblem zu betrachten.

Das Ziel eines Optimierungsproblem ist allgemein "[...] die Bestimmung des Infimums, des Supremums, des Minimums oder des Maximums [...]" [10, S. 1] einer Funktion.

Diese Bestimmung kann auch unter Beachtung definierter Nebenbedingungen stattfinden [11, S. 13].

Das Problem des Handlungsreisenden (Traveling-Salesman-Problem) ist eines der bekanntesten Optimierungsprobleme. Wie dem Namen des Problems zu entnehmen, handelt es sich bei der Idee des Problems um einen imaginären Handlungsreisenden. Dieser möchte eine bestimmte Anzahl an Städten besuchen. Hierbei will er den kürzesten Weg benutzen, an jeder Stadt nur einmal halten und sich am Ende wieder in der Stadt, in welcher der Reisende gestartet ist, befinden [12, S. 95].

In mathematischem Zusammenhang lässt sich das Problem auch folgendermaßen formulieren:

Durch Minimierung einer Funktion, wird eine Anzahl  $n$  an Objekten in einer Sequenz angeordnet. Die Sequenz mit der am weitesten minimierten Zielfunktion ist die zu wählende Sequenz [13, S. 10].

Nach Schmitting [13, S. 10] lässt sich die zu minimierende Zielfunktion folgendermaßen beschreiben:

$$\left( \sum_{i=1}^{n-1} d_{p(i), p(i+1)} \right) + d_{p(n), p(1)} \quad 1)$$

Im Beispiel des Handlungsreisenden ist  $d_{p(i), p(i+1)}$  der zurückgelegte Weg zwischen den Objekten (Städten)  $p(i)$  und  $p(i+1)$  ist, mit  $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ .

Der zweite Teil der Formel (zweiter Summand der Addition), dient metaphorisch beschrieben der Rückführung des Handlungsreisenden in die Stadt, in der er gestartet ist und somit zur zyklischen Schließung des Problems.

Schmitting erwähnt ebenfalls, dass weniger von einem Traveling-Salesman-Problem gesprochen werden kann, als von einer Familie der Traveling-Salesman-Probleme. Diese Familie umfasst verschiedene Spezifikationen und Abwandlungen der Problemformulierung [13, S. 18]. Um dies wieder mit dem Handlungsreisenden zu beschreiben, kann anstatt der Strecke zwischen zwei Städten  $p(i)$  und  $p(i+1)$ , auch die für die Strecke benötigte Zeit als  $d_{p(i), p(i+1)}$  in die Formel gesetzt werden.

Das Problem des Handlungsreisenden lässt sich auf die Problematik dieser Arbeit übertragen. Hierbei müssen folgende Aspekte modifiziert werden:

1.  $d_{p(i), p(i+1)}$
2. Minimierung der Zielfunktion
3. Ergänzung eines Parameters

In der ersten Modifikation müsste  $d_{p(i), p(i+1)}$  nicht der Strecke zwischen Objekten, sondern der Beobachtungszeit eines Objektes entsprechen. Eines der Ziele dieses Projektes ist eine Erhöhung der Messung pro Nacht. Daher muss ein weiterer Parameter ( $m$ ) ergänzt werden, der die Anzahl an Beobachtungen repräsentiert.

Da im Gesamten eine möglichst lange Beobachtungszeit gewünscht ist, muss anstelle einer Minimierung der Zielfunktion eine Maximierung vorgenommen werden. Die zu maximierende Funktion sieht folgendermaßen aus:

$$\left( \sum_{i=1}^{n-1} d_{p(i), p(i+1)} \right) + m \quad 2)$$

Je nach Kombination der zu beobachtenden Objekte, können bestimmte Objekte nicht beobachtet werden. Somit verringert sich sowohl die Gesamtanzahl  $n$  als auch die Zeit aller Beobachtungen. Des Weiteren wird der zweite Teil von Gleichung 1) durch  $m$  ersetzt.

### 3.1.3 Prioritätenbasiertes Scheduling

Im Bereich der Mehrprozessorsysteme oder des Multitasking gibt es verschiedene Methoden, Betriebsmittel Programmen oder Prozessen zuzuteilen. Ein Vorgehen orientiert sich an Prioritäten [14, S. 36].

Auch in der Kommunikation eingebetteter Systeme gibt es ein Verfahren, das sich einer Art des prioritätenbasierten Scheduling bedient. Durch das CSMA/CA (carrier sense multiple access/collision avoidance) Verfahren werden Kollisionen vermieden. Bei diesem Verfahren besitzt jeder Kommunikationsteilnehmer eine Priorität. Die Teilnehmer, welche kommunizieren wollen, melden dies. Sobald ein Teilnehmer einer höheren Priorität seinen Kommunikationswunsch äußert, ziehen sich die anderen zurück. Erst nach diesem Prozess folgt die Kommunikationsphase [15, S. 106].

Das prioritätenbasierte Scheduling lässt sich auf die Planung der Beobachtung von orbitalen Objekten übertragen. Hierbei wird eine Priorisierungsliste aus Kriterien für die Planung erstellt, welche für eine größere Anpassungsfähigkeit an das Szenario vom Nutzer definiert wird. Diese Kriterien werden den Objekten zugewiesen, um so zu entscheiden, welches Objekt wichtiger ist als ein anderes. Je mehr Kriterien ein Objekt erfüllt, desto höher ist seine Wichtigkeit.

Das wichtigste Objekt wird als erstes in den Zeitplan integriert. Im Anschluss folgt das nächst höher priorisierte Objekt. Dieser Prozess findet so lange statt bis alle Objekte entweder hinzugefügt sind oder es aufgrund mangelnder Sichtbarkeit nicht mehr möglich ist, sie mit in den Schedule zu integrieren.

## 3.2 Auswahl des Schedulers

In Kapitel 3.1 wurden verschiedene Möglichkeiten der automatisierten Planung zur Beobachtung von Weltraumschrott und Satelliten aufgezeigt und erläutert. Im Folgenden werden diese Varianten bewertet.

### 3.2.1 Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Für die Wahl des Schedulekriteriums, nach welchem der Scheduler sortieren soll (Zeit, Anzahl, Priorität etc.) sowie der Schedulevariante wurde ein an Punktbewertungs-Modelle [16, S. 253] angelehntes Verfahren mit Bewertungstabellen verwendet. Die Bewertungskriterien der Tabellen enthalten Muss- und Kann- Kriterien des Pflichtenheftes für den Scheduler. Für jede Schedulevariante wurde eine eigene Bewertungstabelle entworfen. Für jedes Bewertungskriterium werden Punkte von -2 bis 2 vergeben. Hierbei steht -2 für kaum bzw. nicht erfüllbar und 2 für gut erfüllbar. Für eher schlecht erfüllbar steht die -1 und für eher erfüllbar die 1. Die 0 wird als neutral angesehen.

Im Anschluss hieran wird die Summe dieser Zahlen gebildet und jede dieser Summen zum Vergleich in eine weitere Tabelle eingetragen. Die Variante mit der höchsten Summe wurde als Scheduler eingesetzt.

### 3.2.2 Bewertung des FIFO

In Tabelle 1 ist die Bewertung der FIFO-Methode zu sehen. Die FIFO-Variante ermöglicht eine möglichst lückenlose Beobachtung, da ein Objekt direkt nach dem anderen beobachtet werden kann. Es wird mit dem ersten sichtbaren Objekt begonnen und im Anschluss das nächste sichtbare Objekt zur Beobachtung ausgewählt, welches nach dem gerade beobachteten Objekt sichtbar wurde. Dadurch entsteht eine kontinuierliche Reihenfolge an Beobachtungen, welche die größtmögliche Zeit der Beobachtung abdeckt.

Eine Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter ist über diese Variante nicht zu erfüllen. Dieser Umstand wird durch die Sortierung, die nicht durch Eigenschaften der Objekte beeinflusst werden kann, bewirkt. Sie beruht lediglich auf dem Zeitpunkt des Sichtbarwerdens eines Objektes. Hieraus resultiert ebenso, dass keinerlei Anpassung an verschiedene Szenarien möglich ist. Auch die Betriebsart des Systems könnte keinen Einfluss auf den Schedule nehmen.

Ebenso würden Kalibrationsphasen während der Observation vernachlässigt werden. Diese müssten danach in den Beobachtungsplan eingefügt werden. Jedoch könnte durch diese Variante die Beeinflussung des Schedulers durch den Nutzer sehr gering gehalten werden.

**Tabelle 1: Bewertungstabelle FIFO**

Pflichtenheft Kriterium	Erfüllbarkeit
Möglichst lückenlose Beobachtung	2
Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter	-2
Beachtung der Betriebsart	-2
Kalibrationsphasen	-1
Anpassung an verschiedene Szenarien	-2
Usereingriff gering halten	2

### 3.2.3 Bewertung des LIFO

Die Bewertungstabelle zum LIFO-Prinzip ist in Tabelle 2 zu sehen. Da das LIFO das gegenteilige Prinzip zum FIFO ist, ist die Bewertung dieses Prinzips gleich ausgefallen wie die des FIFO's.

**Tabelle 2: Bewertungstabelle LIFO**

Pflichtenheft Kriterium	Erfüllbarkeit
Möglichst lückenlose Beobachtung	2
Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter	-2
Beachtung der Betriebsart	-2
Kalibrationsphasen	-1
Anpassung an verschiedene Szenarien	-2
Usereingriff gering halten	2

### 3.2.4 Bewertung des Optimierungsproblems

Wie in Tabelle 3 zu sehen, führt auch die Variante, bei der die Beobachtungen als ein Optimierungsproblem angesehen werden, zu einer möglichst lückenlosen Beobachtung. Durch die Maximierung der Beobachtungszeit wird der Zeitraum, in der nicht beobachtet wird, minimiert. Durch diese Eigenschaft ist dieser Punkt des Pflichtenheftes gut erfüllbar.

Die Beachtung von beobachtungsspezifischen Parametern oder der Betriebsart ist unter anderem durch Ergänzung der Traveling-Salesman-Problem Gleichung um entsprechende Parameter teilweise möglich.

Ebenso ist das Einfügen von Kalibrationsphasen durch das Erweitern der Gleichungsparameter denkbar.

Diese Punkte wären jedoch mit erhöhtem Rechenaufwand und somit erhöhter Leistung verbunden.

Über die Verwendung verschiedener Gleichungen bei unterschiedlichen Szenarien kann diese Variante an bestimmte Szenarien angepasst werden. Daher ist dieser Punkt als eher erfüllbar gekennzeichnet.



Diese Anpassung zieht jedoch einen User Eingriff mit sich, wodurch der Einfluss des Nutzers erhöht wird.

**Tabelle 3: Bewertungstabelle Optimierungsproblem**

<b>Pflichtenheft Kriterium</b>	<b>Erfüllbarkeit</b>
Möglichst lückenlose Beobachtung	2
Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter	0
Beachtung der Betriebsart	0
Kalibrationsphasen	0
Anpassung an verschiedene Szenarien	1
User Eingriff gering halten	1

### 3.2.5 Bewertung des prioritätenbasierten Scheduling

Die Bewertung des prioritätenbasierten Scheduling ist in Tabelle 4 zusammengetragen. Die Variante des prioritätenbasierten Scheduling hat den Vorteil einer großen Flexibilität und Anpassung an verschiedene Szenarien. Ebenso ist die Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter und der Betriebsart gut umsetzbar. Diese Vorteile gehen jedoch auf Kosten der Minimalisierung des User Eingriffes, da durch diesen die Kriterien für die Priorisierungsliste noch einmal an das Szenario angepasst sortiert werden. Auf diese Weise wird die Planung jedoch möglichst effektiv an die Beobachtung angepasst. Ferner können lückenlose Beobachtungen nicht komplett erfüllt sein. Jedoch ist dies auch abhängig von Beobachtungs- und Prioritäteneinstellungen des Nutzers. Dementgegen bietet diese Schedulevariante eine Möglichkeit, Kalibrationsphasen schon während des Schedulingvorganges miteinzuplanen.

**Tabelle 4: Bewertungstabelle prioritätenbasiertes Scheduling**

<b>Pflichtenheft Kriterium</b>	<b>Erfüllbarkeit</b>
Möglichst lückenlose Beobachtung	0
Beachtung beobachtungsspezifischer Parameter	2
Beachtung der Betriebsart	2
Kalibrationsphasen	1
Anpassung an verschiedene Szenarien	2
User Eingriff gering halten	0

### 3.2.6 Fazit der Bewertungen

Nachdem auf den vorherigen Seiten die Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten tabellarisch dargestellt sowie ausformuliert wurden, folgt im Weiteren die Auswertung (tabellarisch: Tabelle 5).

**Tabelle 5: Summe Bewertungstabellen**

Schedulevariante	Summe Bewertungstabelle
FIFO	-3
LIFO	-3
TSP	4
prioritätenbasiertes Scheduling	7

Aufgrund der negativen Summe der Erfüllbarkeit aus den einzelnen Bewertungstabellen kann sowohl das FIFO (Summe: - 3) als auch das LIFO (Summe - 3) als geeignetes Verfahren ausgeschlossen werden.

Die Variante des prioritätenbasierten Scheduling und des Optimierungsproblems haben beide positive Summen. Das prioritätenbasierte Scheduling hat jedoch mit einer Summe von sieben eine um drei höhere Summe als die Methode als Optimierungsproblem (Summe = 4). Daraus folgt, dass diese Variante sowohl mehr Muss-, als auch mehr Kann- Kriterien des Pflichtenheftes für den Scheduler erfüllt.

Da das Tool bei verschiedenen Beobachtungen und gegebenenfalls auch bei verschiedenen Stationen Anwendung finden soll, ist die große Flexibilität des Prioritäten-schedulings ein ausschlaggebendes Argument. Durch diese flexibel gestaltbaren Schedules werden andere Nachteile kompensiert.

Aufgrund dieser Ergebnisse kommt im Tool ein prioritätenbasierter Scheduler zum Einsatz.

### 3.3 Einfluss des Benutzers auf den Scheduler

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, soll der Scheduler einem möglichst geringen Einfluss des Benutzers unterliegen. Jedoch kann der Nutzer bestimmte Einstellungen individualisieren, um den Scheduler auf eine bestimmte Art der Beobachtung abzustimmen. Diese Einstellungen wurden unterteilt, um dem Nutzer eine höhere Übersichtlichkeit im Einstellungsfenster zu ermöglichen.

Hierzu gehören Einstellungen, welche sich auf die Beobachtungsstation beziehen:

- Kalibrationsdauer
- Wiederholungsspanne der Kalibration
- Einschwenkzeit des Teleskopes
- Beobachtungsspezifische Parameter

Die Kalibrationsdauer legt fest, wie lange die Kalibrierung eines Systems dauert. Die Wiederholungsspanne der Kalibration ist hingegen als die Zeitspanne zwischen den Kalibrationen definiert. Beides sind hardwarespezifische Parameter, welche daher von Station zu Station neu definiert werden müssen.

Die Einschwenkzeit bestimmt den Zeitraum, den das Teleskop zum Ausrichten auf ein Objekt benötigt. Auch diese Eigenschaft kann von Station zu Station unterschiedlich ausfallen. Die Einschwenkzeit ist jedoch wichtig, um so viele Beobachtungen wie möglich korrekt einzuplanen. Wenn die Einschwenkzeit zum Beispiel länger ist als die Zeit, in der das Objekt noch sichtbar ist, kann dieses Objekt für weitere Beobachtungsplanungen vernachlässigt werden.

Unter beobachtungsspezifische Parameter fallen: minimale Höhe des Objektes über dem Horizont, maximale Sonnenhöhe und minimale Sichtbarkeitsdauer von Objekten über der minimalen Höhe. Beide Höhen sind in Grad angegeben. Diese Parameter werden für die Bahnberechnungen, welche von OOOS ausgeführt werden, benötigt.

Unter den Einstellungen, welche den Scheduler in direkter Weise betreffen, befinden sich folgende Punkte:

- Scheduleintervall in Stunden
- Beobachtungszeit eines Objektes in Sekunden
- Beobachtungszeit eines Objektes in NPS
- Anzahl der Stationen
- Abschnitte (Intervalle), die pro Überflug beobachtet werden sollen
- Kalibration
- Zeiteinheit der Beobachtung

Mit dem Punkt „Zeiteinheit der Beobachtung“ kann der Nutzer einstellen, ob eine Beobachtung eines bestimmten Objektes in NPS, in Sekunden oder in Passes (Überflüge) geplant werden soll. Diese Einstellung spielt, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, vor allem für die Art der Beobachtung eine Rolle. Unter Kalibration kann der Nutzer einstellen, ob Kalibrationen miteingeplant werden sollen oder nicht. Wenn diese Option eingestellt ist, wird die eingestellte Kalibrationsdauer im eingestellten Kalibrationsintervall miteingeplant.

Durch das Einstellen eines Scheduleintervalles kann der Scheduler je nach Anzahl der eingestellten Stunden unter dem Punkt Scheduleintervall einen neuen Schedule erstellen. Diese Funktion bietet eine Möglichkeit zur Umsetzung einer automatisierten Beobachtung. Während einer Nacht oder eines bestimmten Zeitraumes können immer wieder neue Beobachtungspläne geplant werden und im Anschluss an eine Beobach-

tung direkt mit der nächsten Observation gestartet werden kann, ohne den Prozess erneut manuell zu starten.

Die letzte Variante, durch die der Nutzer den Scheduler beeinflussen kann, ist durch das Erstellen einer Priorisierungsliste. Für diesen Prozess kann er verschiedene Kriterien einer Priorisierungsliste (in Kapitel 3.4.3 beschrieben) hinzufügen oder abwählen und im Anschluss nach individueller Priorität sortieren.

### 3.4 Schedulealgorithmus

Wie in Kapitel 3.1 aufgeführt und analysiert, ist der prioritätenbasierte Scheduler die beste Variante für die definierte Problemstellung.

#### 3.4.1 Überblick Schedulevorgang

Der Ablauf dieses Schedulers ist schematisch in Abbildung 8 auf Seite 20 dargestellt.

Das Tool überprüft nach Aktivierung, ob Objekte, deren Beobachtungen geplant werden müssen, ausgewählt wurden. Trifft dies zu, so werden die Kriterien, die der Nutzer eingestellt hat, ausgelesen und an den Scheduler übergeben.

Im Anschluss wird überprüft, ob es Zeiträume während des Beobachtungszeitraumes gibt, in welchen kein Objekt sichtbar ist. Zu diesem Zweck wird jeder Überflugzeitraum eines Objektes mit allen anderen Überflugzeiträumen verglichen. Es wird nach Objektsichtbarkeiten gesucht, welche nach dem Startzeitpunkt des aktuellen Objektes sind. Ist die Differenz des Stoppzeitpunktes des aktuellen Objektes und des Startzeitpunktes der Sichtbarkeit des Vergleichsobjektes kleiner null, so ist kein Zeitraum ohne mögliche Beobachtung für eine Kalibration vorhanden. Wenn jedoch eine positive Differenz vorliegt, wird überprüft, ob die Differenz geringer ist als die bisher gespeicherte. Diese ist zu Beginn die Differenz zwischen Beobachtungsstoppzeitpunkt des Objektes und dem Ende des Beobachtungszeitraumes. Auf diese Weise ist es möglich, am Ende dieses Prozesses Kalibrationen in diese Zeiträume einzuplanen, wenn sie lange genug für eine Kalibration sind.

Im Anschluss werden wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben die Sichtbarkeiten der Objekte nach Prioritäten sortiert, danach zugeschnitten und dem Beobachtungsplan hinzugefügt.

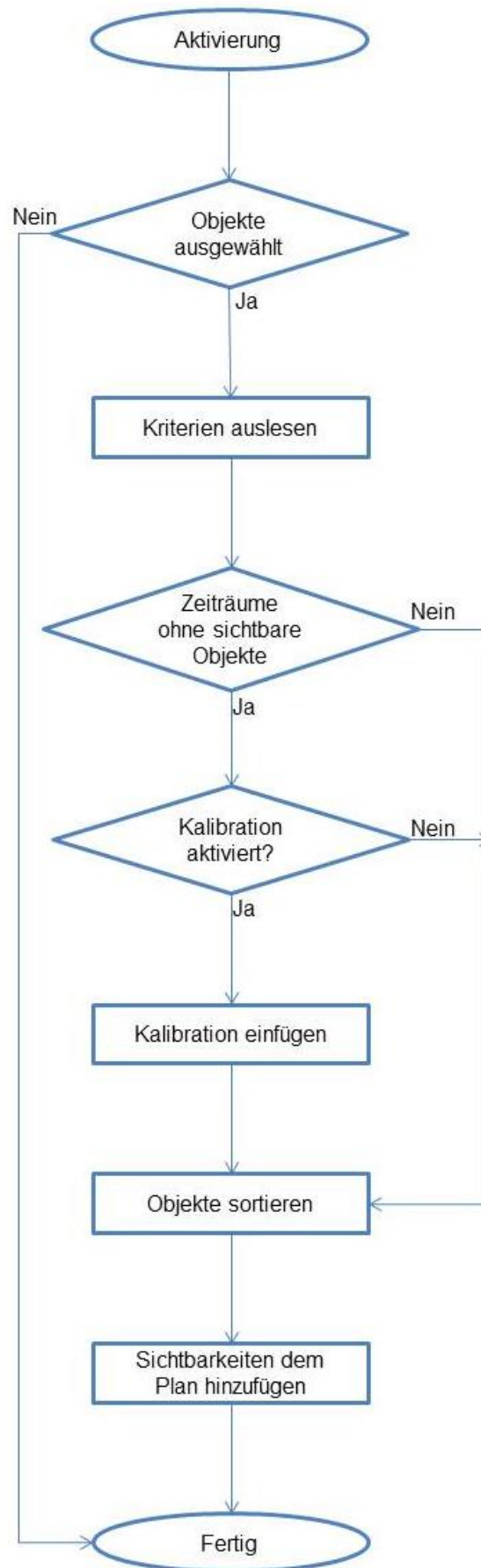


Abbildung 8: Ablaufdiagramm Scheduler

### 3.4.2 Überprüfung der Priorität eines Objektes

Die Überprüfung, ob ein Objekt die höchste Priorität hat, wird im folgenden Kapitel erläutert. Hierfür wird auf die Verzweigung „Sichtbarkeiten sortieren“ aus dem Programmablaufplan in Abbildung 8 genauer eingegangen. Um dies graphisch zu unterstützen, wurde das folgende Flussdiagramm erstellt.

In der auf Seite 22 dargestellten Sequenz (Abbildung 9) werden folgende Abkürzungen verwendet:

- K := Kriterien
- S := Sichtbarkeit
- L := Liste der einzuplanenden Objekte
- LS := Liste der sortierten Sichtbarkeiten
- VS := Vergleichssichtbarkeit

Als erstes wird überprüft, ob die Kriterien eingestellt wurden, welche je nach Position in der Liste eine höhere Priorität besitzen. Im Anschluss kommt eine modifizierte Variante des Insertionsort [17, S. 6–9] Sortiervfahrens zum Einsatz. Es wird eine unsortierte Liste mit den Sichtbarkeiten (L) und eine zu Anfang leere Liste der sortierten Sichtbarkeiten (LS) übergeben bzw. erstellt. Danach werden die Objekte in die Liste LS einsortiert. Die erste Sichtbarkeit wird lediglich in den Beobachtungsplan eingefügt. Die folgenden Sichtbarkeiten werden mit den Sichtbarkeiten der Liste LS verglichen. Hierzu wird die Liste der sortierten Sichtbarkeiten von vorne nach hinten durchlaufen. Wenn die Sichtbarkeit sowohl eine höhere Priorität als die Vergleichssichtbarkeit, als auch eine geringere Priorität wie das nachfolgende Vergleichsobjekt besitzt, wird diese Sichtbarkeit zwischen diesen beiden Sichtbarkeiten in die Liste der sortierten Sichtbarkeiten eingefügt. Des Weiteren wird die Schleife unterbrochen und die nächste Sichtbarkeit aus der Liste L untersucht. Wenn die Sichtbarkeit S eine kleinere Priorität als die Sichtbarkeit VS besitzt und diese den Index 0 besitzt, wird die Sichtbarkeit S an den Anfang der Liste der sortierten Sichtbarkeiten gehängt. Sofern S höher priorisiert ist als VS und VS das letzte Element der Liste LS ist, wird S an das Ende der Liste der sortierten Sichtbarkeiten angehängt.

Am Ende des Sortiervorganges wird die Liste der sortierten Sichtbarkeiten von hinten nach vorne sortiert, damit die wichtigste Sichtbarkeit das erste Element der Liste ist.

Für den Vergleich der Priorität zweier Objekte wurde eine Subklasse der Satellitenklasse implementiert, in welcher die Operator-Funktion [18] des größer Vergleiches überschrieben wurde. Des Weiteren ist die Subklasse, um ein Attribut, welches die ausgewählten Kriterien in einer Liste beinhaltet, erweitert.

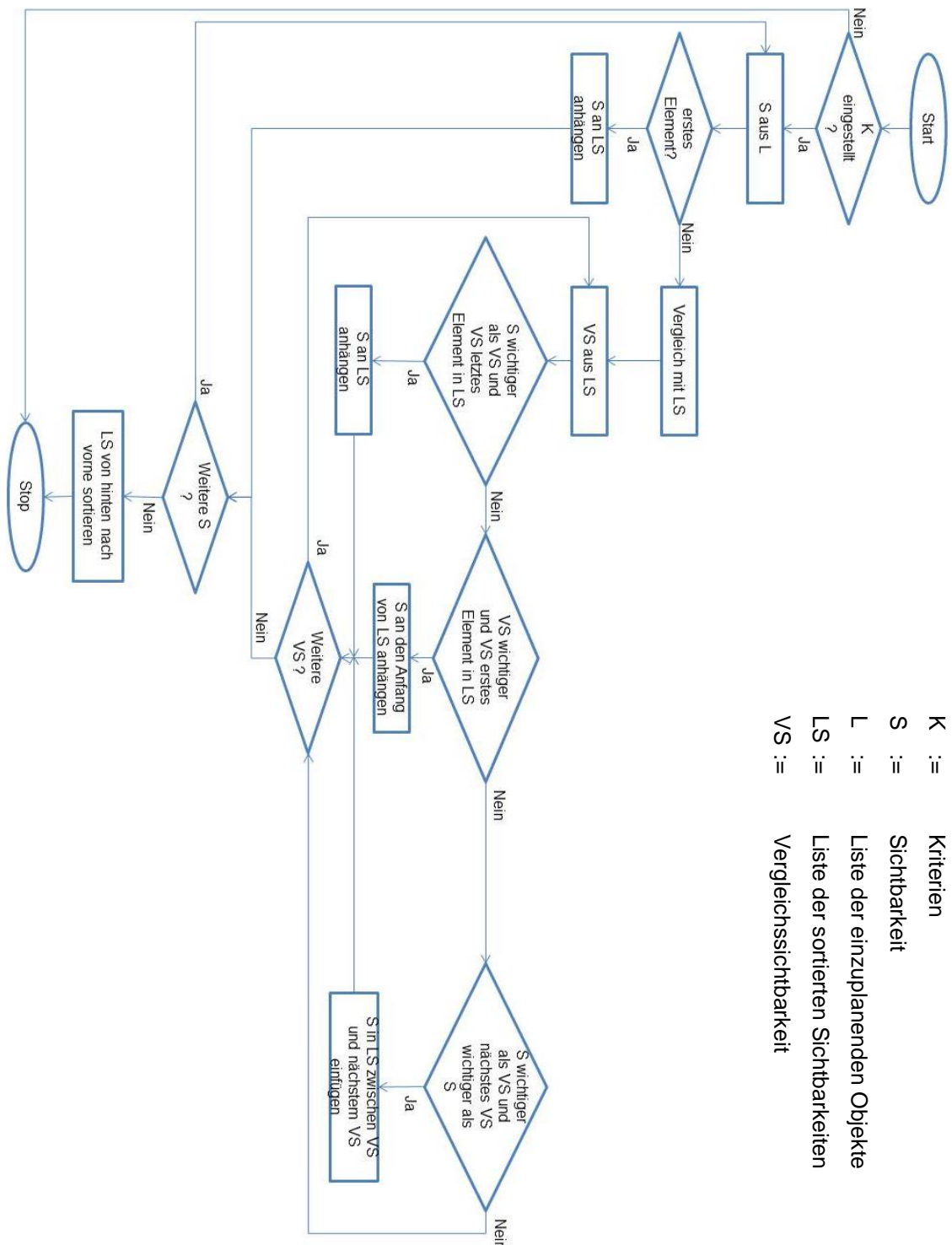


Abbildung 9: Ablaufdiagramm Sortieralgorithmus



Das Verfahren, nach dem bewertet wird, welcher der Satelliten höher priorisiert ist, wird im nachfolgenden Ablaufdiagramm (Abbildung 10) veranschaulicht.

Hierbei wird verglichen, ob Sichtbarkeit eins ( $s_1$ ) größer ist als Sichtbarkeit zwei. Daraufhin wird die vom Nutzer erstellte Kriterienliste von oben (hohe Priorität) nach unten (niedrige Priorität) durchgegangen.

Da die Kriterien verschiedene Eigenschaften der zu beobachtenden Objekte beschreiben, werden diese unterschieden. Manche der Kriterien können einen Minimal- oder Maximalwert besitzen (z.B. Radarquerschnitt), andere hingegen lassen sich allein durch einen String beschreiben (z.B. Kampagnenname). Der letzte mögliche Fall beinhaltet Kriterien, welche die Priorität der Sichtbarkeit durch eine Reihenfolge unterscheiden können (z.B. Sichtbarkeitsdauer von der kürzesten zur längsten). Sollte das Kriterium durch einen, mit einem minimalen oder maximalen Wert eingegrenzten Bereich beschrieben werden, wird untersucht, ob sich die Sichtbarkeit  $s_1$  in diesem Bereich befindet und die Sichtbarkeit  $s_2$  außerhalb. Trifft dies zu, ist  $s_1$  höher priorisiert. Ist  $s_2$  innerhalb des definierten Bereiches jedoch  $s_1$  nicht, so ist  $s_1$  niederpriorisiert als  $s_2$ .

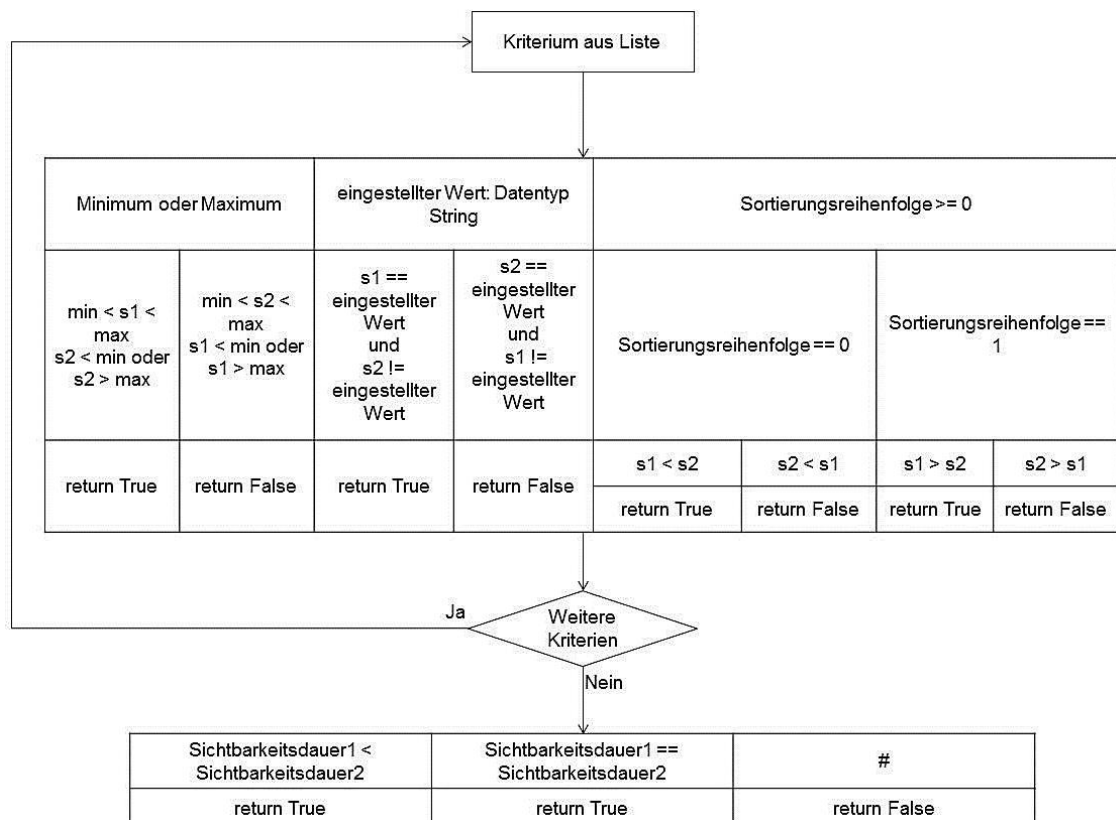


Abbildung 10: Struktogramm Prioritätenvergleich



Wenn der eingestellte Wert vom Datentyp String ist, kann dieser mit dem zutreffenden Attribut des Satellitenobjektes verglichen werden. Ist der Wert des Attributes vom Satelliten der Sichtbarkeit s1 gleich dem eingestellten Wert des Kriteriums und der Wert des Attributes von s2 nicht, so ist s1 das höher priorisierte Objekt. Tritt der gegenteilige Fall auf, so ist s1 niedriger priorisiert.

Insofern sich die Priorität durch eine Sortierungsreihenfolge unterscheiden lässt, muss zwischen Sortierung von klein nach groß und von groß nach klein differenziert werden. Die Sichtbarkeit, auf welche dieses zutrifft, ist höher priorisiert.

Kommt das Verfahren im ersten Durchlauf zu keinem Ergebnis, wird das nächste Kriterium auf der Prioritätenliste für einen weiteren Durchlauf verwendet. Sind die Sichtbarkeiten in allen verteilten Kriterien gleich priorisiert, so wird das Objekt mit der kürzeren Sichtbarkeit priorisiert. Falls auch diese Dauer dieselbe sein sollte, werden die Objekte als in ihrer Priorität nicht zu unterscheidende Objekte angesehen und es wird s1 als höher priorisiert eingestuft.

### 3.4.3 Auswahl und Charakterisierung der Kriterien

Die Priorität eines Objektes soll anhand einer Priorisierungsliste bestimmt werden. Diese beinhaltet verschiedene Kriterien die sich auf Attribute der zu beobachtenden Objekte beziehen. Je weiter am Anfang der Liste ein Kriterium steht desto wichtiger ist dieses Kriterium. Diese Priorisierungsliste wird in folgende Kriterien unterteilt:

1. multiple
2. campaign
3. priority number
4. sector
5. last tile update
6. visible duration
7. apogee
8. radarCS

Das Kriterium „multiple“ legt fest, ob viele verschiedene Objekte oder mehrere Durchflüge eines Objektes beobachtet werden sollen.

Die Auswahl von „campaign“ beinhaltet, falls mehrere Kampagnen geladen wurden, die Möglichkeit eine Kampagne zu priorisieren. Eine Kampagne ist eine vordefinierte Liste bestimmter Satelliten, die zum Beispiel nach Art des Satelliten oder Orbit von Nutzern zusammengestellt wurden. Ebenso besteht die Möglichkeit, Objekte nach ihrer Prioritätennummer zu priorisieren.

Des Weiteren ist eine Priorisierung nach dem Sektor, in welchem sich das Objekt während seines Überfluges aufhält, wählbar. In Abbildung 11 sind diese Sektoren graphisch veranschaulicht.

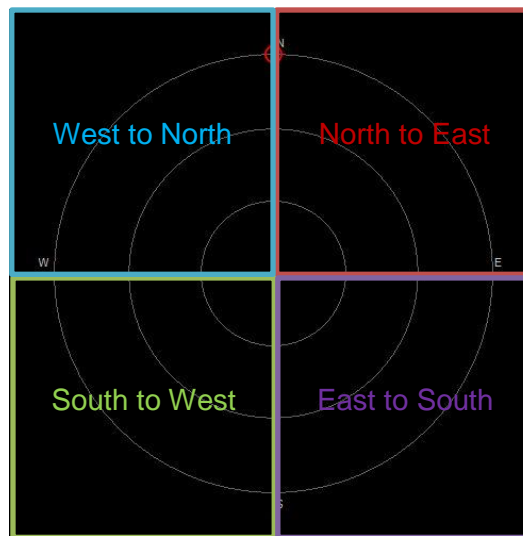


Abbildung 11: Aufteilung Sektoren

Unter der Priorität „last tile update“ können Satelliten, deren TLE Dateien länger nicht geupdatet wurden, für den Beobachtungsvorgang priorisiert werden. So kann eine höhere Aktualität der TLE-Datenbank gewährleistet werden.

Daneben können Satelliten mit kurzer oder langer Sichtbarkeit priorisiert werden.

Hinzukommend kann über „apogee“ die maximale Distanz [km] zur Erde, sowie über „radarCS“ der Radarquerschnitt [m<sup>2</sup>] auf einen Minimal- und/oder Maximalwert gesetzt werden.

Welches dieser Kriterien das Wichtigste ist, kann der Nutzer selbst festlegen. Dieser Vorgang wurde genauer in Kapitel 3.3 beschrieben.

#### 3.4.4 Einteilung geplanter Beobachtungen

Die zu beobachtenden Objekte können ein Attribut besitzen, welches eine Normal Point (NP) Länge in Sekunden angibt. Jedoch ist es für z.B. die Aufnahme von Lichtkurven sinnvoll, ein eigenes Zeitfenster in Sekunden zu bestimmen. Je nach Auswahl des Nutzers gibt es folgende Unterteilung der Beobachtung:

1. Unterteilung der Sichtbarkeit des Objektes in n Intervalle
2. Start Intervall i:  $\text{Anfang der Sichtbarkeit} + \frac{\Delta \text{Sichtbarkeit}}{n} * (i_{\text{Intervall}} - 1)$
3. Letztes Intervall: Ende der Sichtbarkeit
4. Die Länge einer Beobachtung pro Intervall:
  - a. Wenn NP Länge vorhanden: NP Länge \* Anzahl Normal Points
  - b. Wenn keine NP Länge vorhanden: Minimale Beobachtungszeit

Die Beobachtungszeiträume können jedoch auch grundsätzlich auf Zeit in Sekunden oder auf einen kompletten Überflug eines Objektes gestellt werden. Bei einem kompletten Überflug können jedoch keine Intervalle gebildet werden.

Dieses Verfahren ist in Abbildung 12 exemplarisch dargestellt. In diesem Beispiel werden drei Intervalle auf die gesamte Sichtbarkeitsdauer aufgeteilt. Während dieser drei Intervalle werden jeweils zwei NP aufgenommen, welche eine hypothetische Länge von einer Zeiteinheit besitzen.

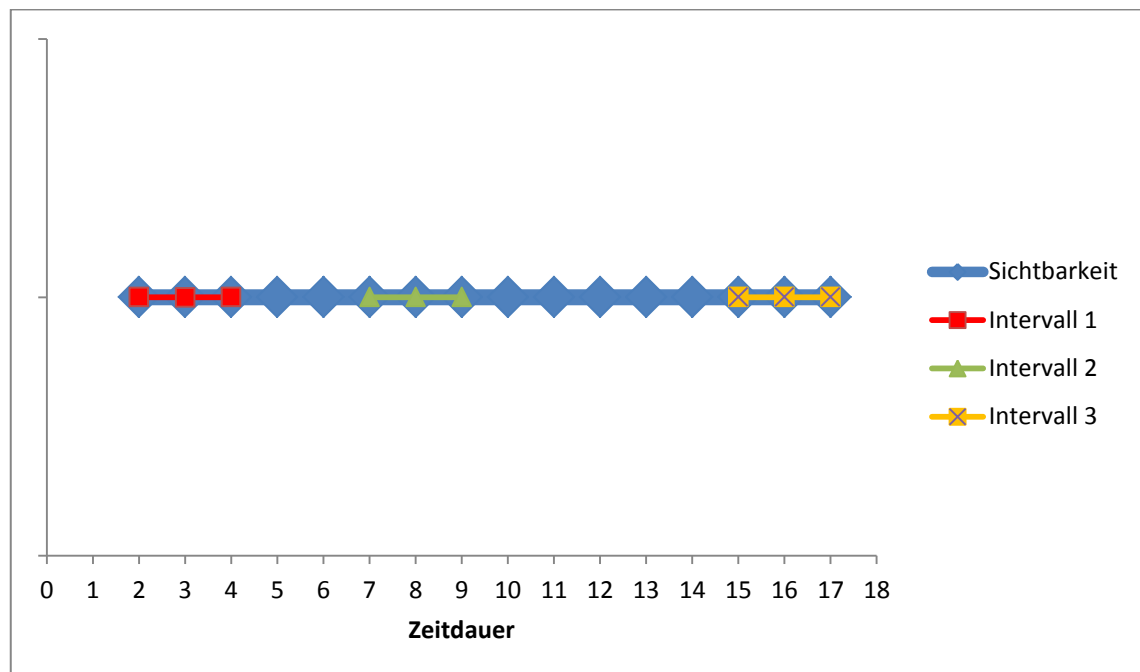


Abbildung 12: Einteilung einer Sichtbarkeit

### 3.4.5 Vermeidung zeitlicher Kollisionen

Darüber hinaus gilt es, das Problem von Kollisionen der Sichtbarkeiten zu lösen. Da die Objekte individuelle Sichtbarkeitszeiträume haben, besteht die Chance, dass nach Einstellen einer Beobachtung eines orbitalen Objektes, in diesem Zeitraum weitere Objekte sichtbar sind.

Um diesen Kollisionen entgegenzuwirken, werden die kollidierenden Sichtbarkeiten zugeschnitten. Der Teil der Sichtbarkeit, welcher im Beobachtungszeitraum liegt, wird verworfen und das Objekt in diesem Zeitraum als nicht sichtbar angesehen. Der Teil, welcher außerhalb des Beobachtungszeitraumes liegt, wird überprüft, ob er lang genug für eine weitere Beobachtung (mehr hierzu in Kapitel 3.4) ist. Wenn dieser Zeitraum nicht lang genug für eine weitere Beobachtung ist, wird das Objekt in dieser Zeitspanne ebenfalls als nicht sichtbar angesehen.

Durch den Einsatz dieser Methodik werden mehrfache Einplanungen eines bestimmten Zeitpunktes oder einer Periode verhindert.

Das beschriebene Vorgehen wird anhand des in Abbildung 13 dargestellten Beispiels für drei verschiedene Arten von Kollisionen erläutert.

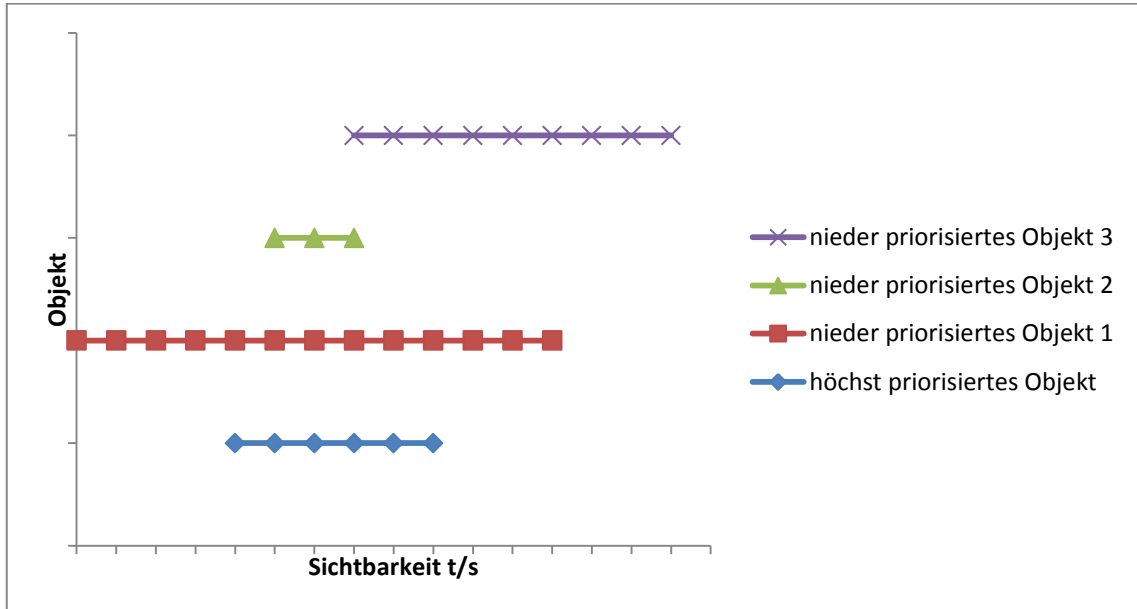


Abbildung 13: Kollisionen Beispiel

In Abbildung 13 ist die Beobachtungszeit des höchst priorisierten Objektes blau dargestellt. Außerdem sind drei verschiedene Kollisionen von Sichtbarkeiten niedriger priorisierter Objekte dargestellt.

Die erste Kollision (rot dargestellt) betrifft eine Sichtbarkeit, welche vor der Beobachtungszeit des höchst priorisierten Objektes beginnt und nach dieser endet.

Die zweite Kollision bezieht sich auf eine Sichtbarkeit während der Beobachtungszeit des höchstpriorisierten Objektes, wohingegen die dritte Kollision ein niederpriorisiertes Objekt betrifft, dessen Sichtbarkeit während der Beobachtungszeit des höchst priorisierten Objektes beginnt und darüber hinaus andauert.

Das Ergebnis nach dem Zuschneiden der Sichtbarkeiten der niedriger priorisierten Objekte ist in Abbildung 14 zu sehen.

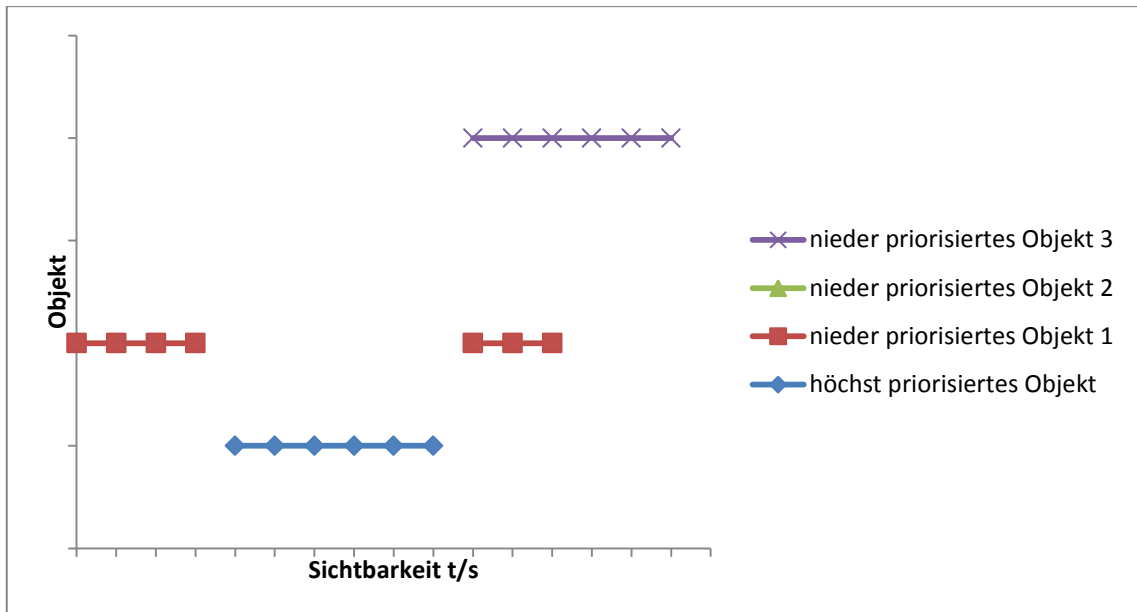


Abbildung 14: Zuschnitt der kollidierenden Sichtbarkeiten

Die Sichtbarkeit des Objektes 1 wird aufgeteilt und der Zeitraum der Beobachtung des höchst priorisierten Objektes bei niederpriorisierten Objekten ausgeschnitten.

Da sich die Sichtbarkeit des Objektes 2 zwischen Beobachtungsstart und Beobachtungsende befindet, wird das Objekt 2 komplett aus der Liste genommen und als nicht sichtbar angesehen.

Das dritte Objekt wird so zugeschnitten, dass der Teil der Sichtbarkeit, welcher in die Beobachtungszeit fällt, herausgeschnitten wird und der andere Teil bestehen bleibt.

Die Kollision der Objekte 1 und 3 wird gelöst, sobald eine der kollidierenden Sichtbarkeiten in den Beobachtungsplan mit aufgenommen wird.

## 4 Programmaufbau

In diesem Kapitel wird genauer auf die Struktur des Tools eingegangen. Hierunter werden wichtige Klassen wie

- `time_scheduler`
- `scheduler_plot_structure`
- `scheduler_plot_data`

genauer beschrieben und deren Funktionen erläutert. Es wird in diesem Kapitel auf die Beziehungen zwischen den Klassen eingegangen sowie die Einbindung des Tools in die Hauptsoftware OOOS. Am Ende des Kapitels wird der Aufbau der GUI beschrieben und erläutert. Ferner werden die in Kapitel 3.3 beschriebenen Einflüsse in Zusammenhang mit der Benutzeroberfläche erläutert.

### 4.1 Wichtige Klassen

Die folgend aufgeführten Klassen sind wichtig für die Struktur des Programmes, sowie für den Ablauf der Planung der Beobachtungen, daher werden sie genauer beschrieben.

#### 4.1.1 `time_scheduler`

In der Klasse „`time_scheduler`“ wird der Beobachtungsplan der vom Nutzer ausgewählten Objekte erstellt. Dies geschieht durch externe Methodenaufrufe aus der Klasse der graphischen Oberfläche.

Als erstes werden über die Funktion „`set_schedule_object`“ die Objekte in eine zu sortierende Liste eingefügt. Jedoch muss hier die Sichtbarkeitsdauer größer oder gleich der gewünschten Beobachtungsdauer inklusive Einschwenkzeit sein. Beginnt die Sichtbarkeit eines Objektes vor dem ausgewählten Beobachtungszeitraum, oder endet nach diesem, so werden Sichtbarkeitsanfang oder Sichtbarkeitsende angepasst.

Im Anschluss wird über die Funktion „`is_empty_space`“ nach Zeiträumen, in denen kein Objekt sichtbar ist, gesucht. Diese Lücken können zum Beispiel für Kalibrationsphasen genutzt werden, welche mit der Funktion „`add_calibration_time`“ in den Beobachtungsplan eingefügt werden. Nachfolgend wird über die Funktion „`schedule_visibilities`“ der wie in Kapitel 3.4 beschriebene Schedulealgorithmus aufgerufen.

#### 4.1.2 `scheduler_plot_structure`

Die Struktur sowie bestimmte Einstellungen des Plots der Sichtbarkeiten sind in der Klasse „`scheduler_plot_structure`“ implementiert. Die Objekte und deren Sichtbarkeiten werden über die Funktion „`draw_Visibility`“ grafisch dargestellt. Die Funktionen „Up-

date\_YAxis“ und „Update\_XAxis“ setzen die korrekten Ticks der Achsen. Eine Veränderung der x-Achse durch Zoomen, ruft die Funktion „new\_zoom“ auf, welche die neuen x-Ticks berechnet und an die Funktion „Update\_XAxis“ übergibt. So bleiben die im Verhältnis zum ausgewählten x-Achsenabschnitt korrekt dargestellten Ticks auch nach einem zoom-Event erhalten.

#### 4.1.3 scheduler\_plot\_data

Die Klasse „scheduler\_plot\_data“ bereitet die Daten der Objekte für den Plot auf und besitzt diverse Berechnungsfunktionen. Für das Auslesen der Beobachtungszeit eines Objektes sowie das Abspeichern dieser Daten als String, ist die Funktion „catch\_time\_from\_Object“ programmiert. Zur Berechnung von Zeitdifferenzen dienen die Funktionen „calculate\_Delta\_time“ und „calculate\_Delta\_observtime“, wobei bei letzterer die Zeiten als String übergeben werden und bei ersterer als Datentyp „datetime“. Des Weiteren werden in der Funktion „add\_seconds“ eine gewisse Anzahl an Sekunden auf eine Uhrzeit (Datentyp datetime) addiert.

### 4.2 Beziehungen der Klassen

Die Verbindungen zwischen den verschiedenen Klassen sind in Abbildung 15 zu sehen. Wie schematisch dargestellt, besitzt die Klasse „scheduler\_interface“ von den Klassen „scheduler\_plot\_structure“, „scheduler\_plot\_data“, „time\_scheduler“, und „draganddropwidget“ jeweils ein Objekt, welches als Klassenattribut fungiert.

Von den Klassen „dialog\_settings“, und „dialog\_settings\_scheduler“, welche beide ein Einstellungsfenster erzeugen (Abbildung 17 und Anhang 2), werden lokale Objekte nach Userinteraktion erstellt.

Jeglicher Ablauf wird von der Klasse „scheduler\_interface“ initiiert und ein Feedback über diese Klasse zurückgegeben.

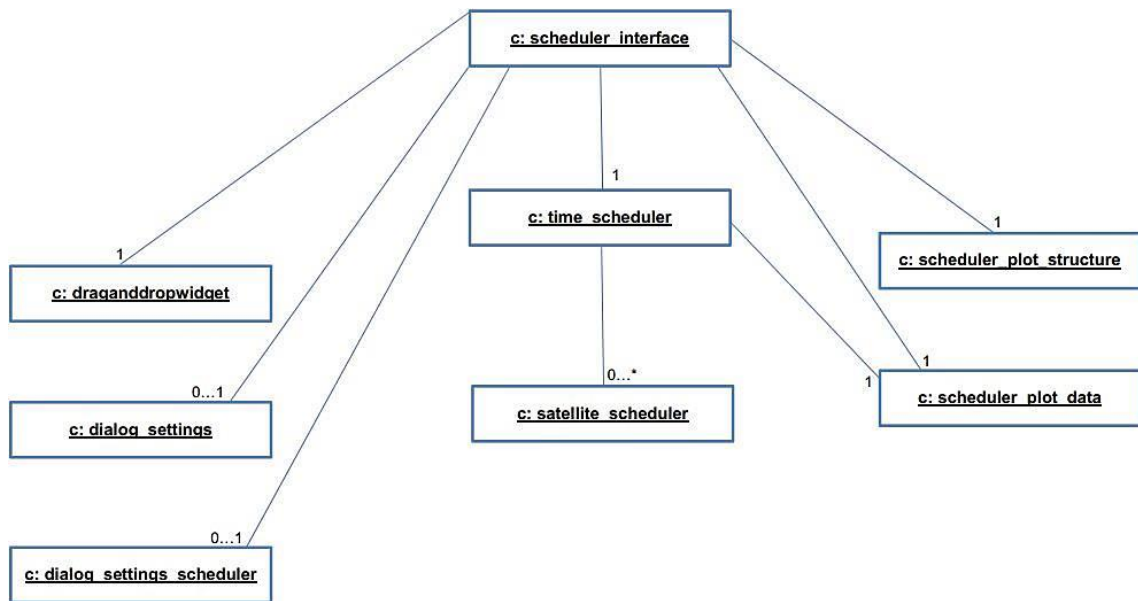


Abbildung 15: Beziehungen der Klassen

### 4.3 Implementierung in OOOS

Die Einbindung des Schedulers in OOOS erfolgte durch das Hinzufügen eines Klassenattributes vom Typ der Klasse „scheduler\_interface“. Das Interface des Schedulers wird über den Trigger einer QAction [19] durch den Nutzer gestartet.

Für die Kommunikation zwischen Tool und Hauptprogramm wurde ein Signal [20] verwendet. Dieses wird emittiert, wenn der Scheduler einen Plan für die Beobachtungen zusammengestellt hat. Dieses Signal wird mit einer Funktion in der Hauptklasse verknüpft. Diese Funktion liest den Scheduleplan des Objektes der Klasse „time\_schedule“ aus und fügt ihn einer Queue hinzu. Sie kann dann manuell oder automatisiert abgearbeitet werden.

### 4.4 GUI

Ein weiterer wichtiger Teil des Projektes war das Design einer graphischen Oberfläche (Abbildung 16), die sowohl dem bisherigen Layout und der Bedienung von OOOS entspricht als auch weitere Kriterien (Kapitel 2.4) erfüllt. Diese Oberfläche wurde wie die anderen Module in Python geschrieben. Zum Design der Oberfläche wurde die Bibliothek PyQt [21] verwendet. Die Struktur dieser Oberfläche wurde in der Klasse „scheduler\_interface“ implementiert.

In Anhang 1 befinden sich weitere Screenshots des Interfaces in verschiedenen Zuständen.



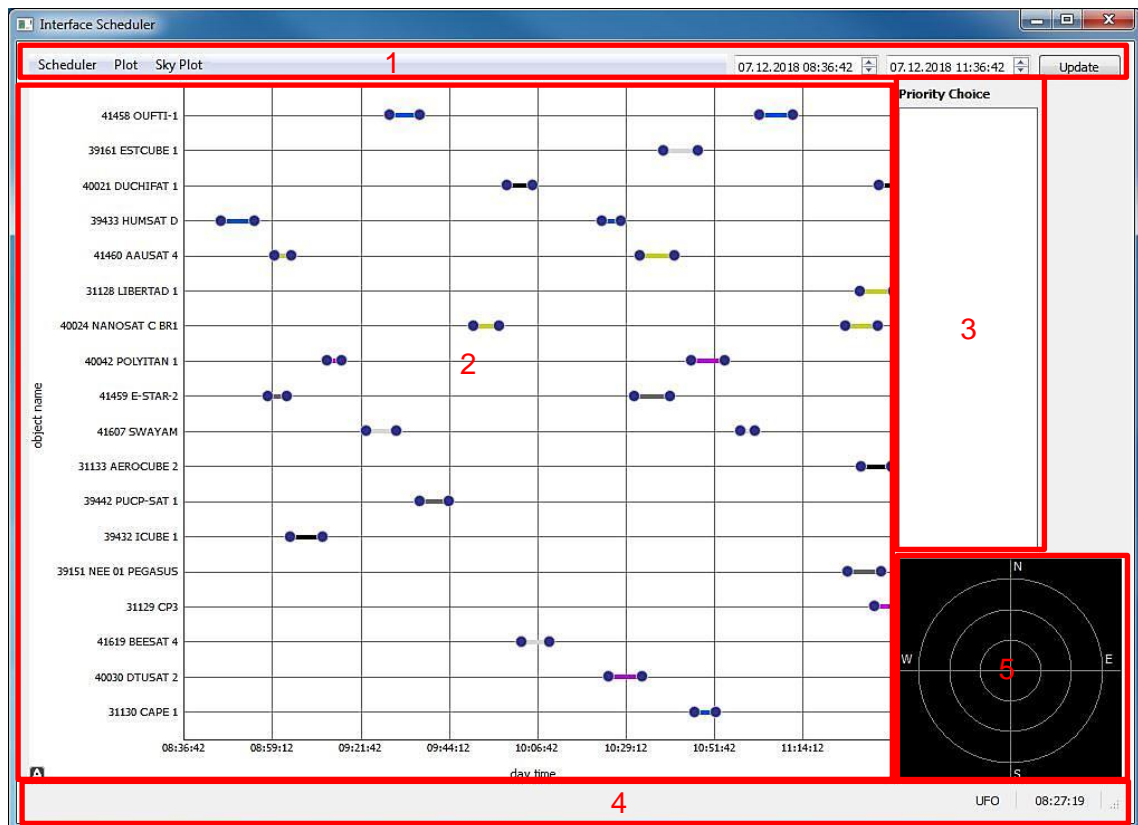


Abbildung 16: Scheduler Interface nach Start

Der genauere Aufbau des Interfaces, dessen Funktionen und die Möglichkeiten des Nutzers mit der graphischen Oberfläche zu interagieren, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

#### 4.4.1 Aufbau der GUI

Für eine übersichtlichere Beschreibung des Aufbaus der Oberfläche wurde diese in verschiedene Bereiche, welche mit Nummern beschriftet wurden, unterteilt (Abbildung 16).

Im Bereich 1 befindet sich die Menübar, welche verschiedene aufklappbare Menüs enthält. Diese bieten die Möglichkeit, Änderungen im Scheduler (Aufklapp-Menü „Scheduler“), am Plot (Bereich 2) oder am Sky Plot (Bereich 5) zu tätigen. Des Weiteren befindet sich in der rechten Ecke dieses Bereiches eine Anzeige zum Einstellen und Anzeigen des Beobachtungszeitfensters.

Der Bereich 2 des Interfaces beinhaltet einen Graphen, welcher die Sichtbarkeiten der zu beobachtenden Objekte anzeigt. Auf der y-Achse werden die Namen der Objekte angezeigt und auf der x-Achse sind die Tageszeiten zu sehen. Der Plot wird automatisch erstellt und kann vom Nutzer nur geringfügig verändert werden. Darüber hinaus werden Objekte in drei unterschiedlichen Farben dargestellt, um so bei einer großen Anzahl an Objekten weiterhin eine gute Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

In Bereich 3 befindet sich das Widget, in welchem die Kriterien angezeigt und sortiert werden.

Der Bereich 4 enthält Informationen, wie z.B. den Namen der Beobachtungsstation, die betrieben wird, sowie die UTC (Universal Time Coordinated) Zeit.

In Bereich 5 der graphischen Oberfläche ist der Sky Plot. Dieser zeigt die Flugbahn eines Objektes oder mehrerer Objekte, vom Auftauchen über dem Horizont bis zum Verschwinden hinter dem Horizont, an.

#### 4.4.2 Mögliche Userinteraktionen

In den im vorherigen Kapitel beschriebenen Bereichen des Interfaces bieten sich Möglichkeiten der Userinteraktion. Im Bereich 1 lassen sich im Dropdown Menü „Scheduler“ TLE Dateien updaten, Kampagnen auswählen, sowie Einstellungsfenster zur Beobachtung und zum Scheduler (Abbildung 17) wählen. Für die zu ändernden Einstellungen wurden intuitive Spin Boxen [22] und Combo Boxen [23] verwendet. Als Widget wurde eine Dialog Button Box [24] gewählt, da dieses Widget Funktionen wie eine Bestätigungsbutton (OK) schon vorprogrammiert hat. Dasselbe Widget wurde auch für das Einstellungsfenster der Station (Anhang 2) verwendet.

Zusätzlich besitzt das Interface die Funktionen, im Dropdown Menü den Plot auf das Observationszeitfenster zu zoomen, die geplanten Beobachtungen zu markieren und wieder zu entmarkieren, sowie die aktuelle Zeit im Plot anzuzeigen.

Im Sky Plot Menü können lediglich alle oder keine Objekte für den Sky Plot zur Anzeige gewählt werden. Einzelne Objekte können durch Anklicken im Plot Fenster aus- oder abgewählt werden.

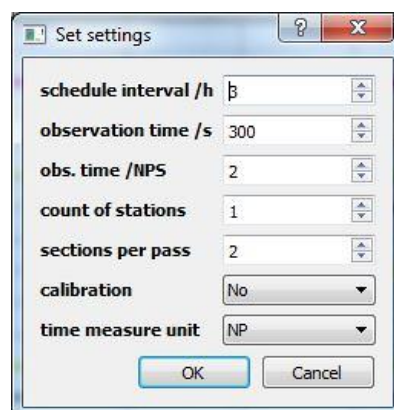


Abbildung 17: Einstellungsfenster Scheduler

Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, werden die Prioritäten vom Nutzer gewählt. Dieser Vorgang wird durch einen Rechtsklick auf den Bereich 3 des Interfaces initiiert. Dabei öffnet sich das in Abbildung 18 zu sehende Dialog Window.

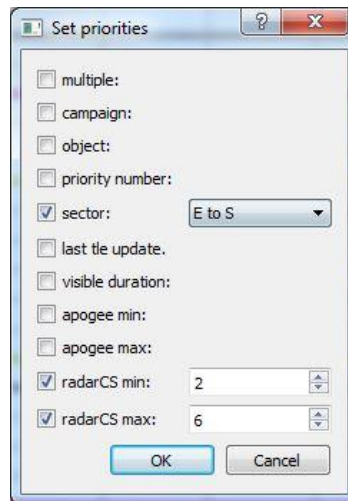


Abbildung 18: Priority Window

## 5 Tests

Um die Funktionalität des Schedulers zu validieren, wurden verschiedene Planungsszenarien entworfen und für diese Beobachtungspläne erstellt. Ebenso wurde das Tool an der Beobachtungsstation Uhlandshöhe getestet.

Die Szenarien lassen sich in drei Arten unterteilen:

- Testszenario mit einer Kampagne
- Testszenario mit mehreren Kampagnen
- Testszenario Beobachtung eines kompletten Überfluges von Objekten

Diese Unterteilung soll zeigen, dass der Scheduler sowohl mit wenigen als auch mit vielen verschiedenen Objekten funktioniert. Außerdem soll durch diese Anwendungsfälle bestätigt werden, dass der Scheduler mit den verschiedenen Beobachtungszeitangaben (NP, Sekunden, kompletter Überflug) in der Lage ist, korrekte Schedules zu erstellen. Daher wurden dynamische, funktionsorientierte Positivtests durchgeführt.

Für die ersten beiden Fälle wurden erweiterte Unterszenarien entworfen, bei denen verschiedene Kriterien sowie verschiedene Einstellungen der Kriterien ausgewählt wurden. Auf diese Weise kann die im Pflichtenheft (Kapitel 2.3) notierte Flexibilität validiert werden.

Alle Beobachtungspläne wurden zudem für denselben Zeitraum (20.01.2019 18:00 Uhr – 20.01.2019 22:00 Uhr) erstellt.

Zur Auswertung der Szenarien wurden die erstellten Schedules in Excel Dateien geschrieben, welche sich im Anhang befinden. Zu jedem Szenario wurden zwei Tabellen erstellt. Eine zeigt die Reihenfolge, in der Objekte dem Beobachtungsplan hinzugefügt wurden, wohingegen die andere Tabelle die richtige Beobachtungsreihenfolge beinhaltet. Ebenso sind im Anhang Screenshots des Interfaces zu finden, auf denen die graphische Veranschaulichung des Schedules sowie die Reihenfolge der Kriterien in der Priorisierungsliste zu sehen sind.

## 5.1 Testszenario "eine Kampagne"

Das Testszenario „eine Kampagne“ wurde mit den in Abbildung 19 dargestellten Einstellungen durchgeführt. Da keine Kalibration im Schedulereinstellungsfenster (rechts) ausgewählt ist, werden Kalibrationsdauer und Kalibrationswiederholungsrate nicht beachtet. Pro Beobachtung werden zwei Intervalle beobachtet und innerhalb dieser Intervalle soll für die Dauer der Aufnahme zweier Normal Points beobachtet werden.

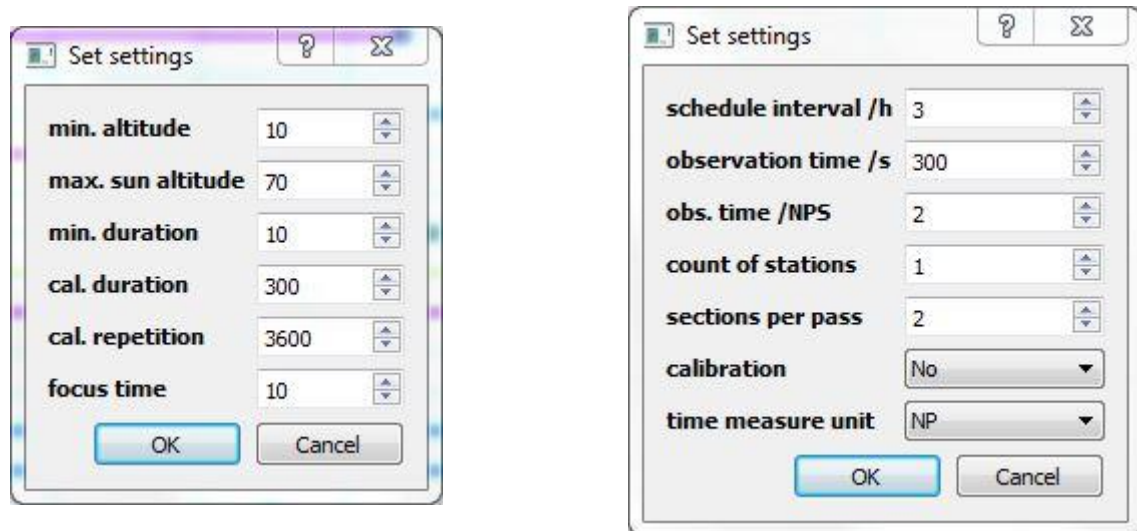


Abbildung 19: Stations- und Schedulereinstellungen "eine Kampagne"

### 5.1.1 Kriterienwahl Szenario 1

Für das erste Szenario wurden die Kriterien „apogee“, „last tle update“ und „short visibility“ verwendet. Wie in Abbildung 20 zu sehen ist, wurde der maximale Abstand zur Erde auf ein Maximum von 2000 km gesetzt.

Die Reihenfolge der Kriterien vom Wichtigsten zum Niedrigsten ist: apogee, last tle update, short visibility (siehe Anhang 3.1).

Nach dem Sortieralgorithmus dürfen in den ersten Zeilen der Tabelle, welche die Sortierungsreihenfolge des Schedulers beinhaltet, nur Objekte, die einen entferntesten Maximalabstand zur Erde von 2000 km besitzen, stehen. Wie in Anhang 3.3 zu sehen ist, sind in den ersten zehn Zeilen mit den ersten fünf Objekten lediglich Objekte vorzufinden, auf die dies zutrifft (Spalte 5). Im Anschluss folgen alle Objekte mit einem höheren Maximalabstand. Diese sind wie in Abbildung 20 ausgewählt sortiert nach dem Alter des letzten TLE Updates vom ältesten zum jüngsten Update sortiert (Spalte 7). Diese Sortierungsreihenfolge gilt auch für die ersten fünf eingeplanten Objekte. Auf diese Weise kann für das vorliegende Szenario eine korrekte Sortierung nachgewiesen werden.

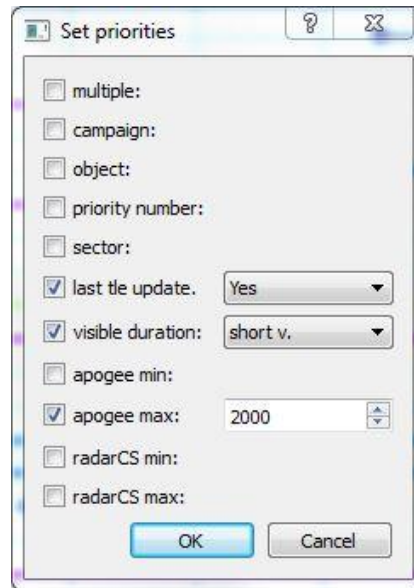


Abbildung 20: Kriterieneinstellungen Szenario 1

Ebenso ist in der Tabelle mit den nach der Beobachtungszeit sortierten Objekten (Anhang 3.2), in den Spalten der Beobachtungszeiten (Spalte 3 und Spalte 4), zu erkennen, dass der Scheduler keine Überlappungen der Beobachtungszeit erstellt hat und somit keine Fehlplanung stattgefunden hat. In gleicher Weise ist zu sehen, dass kaum Zeitabstände zwischen den Beobachtungen sind. Dies verifiziert das Ziel einer möglichst lückenlosen Beobachtung für dieses Szenario.

### 5.1.2 Kriterienwahl Szenario 2

Für das zweite Szenario wurden folgende Kriterien in dieser Reihenfolge gewählt: „radar\_CS“, „sector“ und „last tie update“. Für den Radarquerschnitt wurde ein Minimum von drei  $m^2$  definiert und der Sektor des Überfluges sollte bevorzugt von Süden nach Westen sein.

In diesem Testszenario sind die ersten elf eingeplanten Objekte aller Objekte, deren Radarquerschnitt größer als drei  $m^2$  ist (Spalte 5 Anhang 3.6). Die ersten zwei Objekte sind alle im gewünschten Sektor (Spalte 6) und diese sind wiederum nach dem Alter der TLE Updates (Spalte 7) sortiert. Dies gilt sowohl für die ersten drei Objekte sowie die darauf folgenden neun Objekte. Ab dem zwölften Objekt ist der Radarquerschnitt der Objekte kleiner als drei  $m^2$ . Bei diesen Objekten wurden als nächstes die Satelliten im gewünschten Sektor in der Reihenfolge des ältesten TLE Updates eingefügt und danach folgen die restlichen Satelliten sortiert, nach dem Alter des TLE Updates.

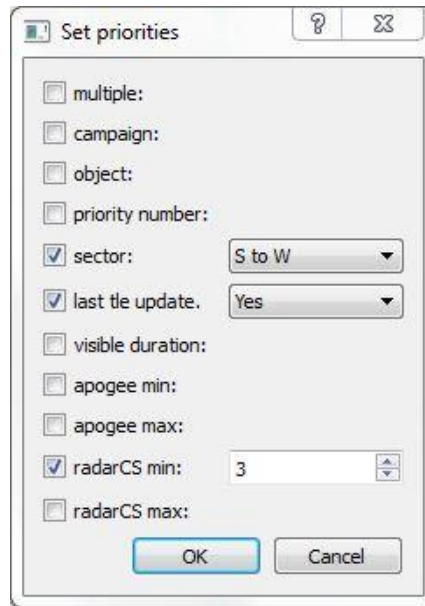


Abbildung 21: Kriterieneinstellungen Testszenario 2

Auch in diesem Testszenario konnte eine richtige Sortierung verifiziert werden. Hinzukommend kann in Anhang 3.5 nachverfolgt werden, dass es zu keinen zeitlichen Kollisionen in der Planung kommt und die Abstände zwischen den Beobachtungen gering sind.

### 5.1.3 Kriterienwahl Szenario 3

Das letzte Testszenario mit einer einzigen Kampagne wurde mit den Kriterien: viele Überflüge, Radarquerschnitt, maximaler Abstand zur Erde, Sektor und letztes TLE Update durchgeführt. Die Reihenfolge dieser Aufzählung entspricht der Priorisierung in der Priorisierungsliste, vom wichtigsten zu dem am wenigsten wichtigen Kriterium (Anhang 3.7).

Die ausgewählten Eigenschaften für die Kriterien sind in Abbildung 22 zu sehen. Priorisiert werden sollten Objekte, die mehrere Überflüge besitzen, sowie einen Radarquerschnitt von mindestens drei  $\text{m}^2$  und der maximale Abstand zur Erde soll maximal 6000 km betragen. Des Weiteren sollen die Überflüge im Sektor Osten nach Süden liegen und als letztes soll auf das Datum des letzten TLE Updates geachtet werden.



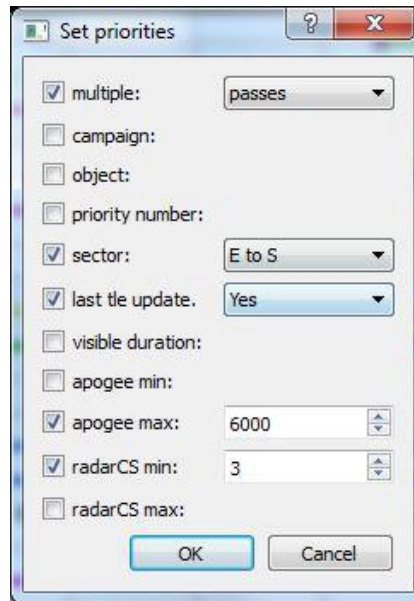


Abbildung 22: Kriterieneinstellung Testszenario 3

Der Anhang 3.9 zeigt die Tabelle der Sortierreihenfolge des Schedulers. Die ersten drei eingeplanten Objekte in den ersten 14 Zeilen besitzen alle mehrere Überflüge (Spalte 7). Diese Satelliten sind daher die ersten im Beobachtungsplan und zwar beginnend mit dem Satellit mit den meisten Überflügen. Wie in der Priorisierungsliste festgelegt sind die folgenden Objekte zuerst nach den Objekten sortiert, deren Radarquerschnitt größer als drei  $\text{m}^2$  ist und deren maximaler Abstand zur Erde (Spalte 5) kleiner als 6000 km ist. Da keines der Objekte in diesem Bereich einen maximalen Abstand zur Erde von maximal 6000 km besitzt, werden die Objekte als nächstes zugeteilt, welche im Sektor (Spalte 8) Osten nach Süden vorkommen. Diese sind wiederum sortiert nach dem letzten TLE Update (Spalte 9), vom ältesten zum neuesten. Ab Zeile 21 folgen Satelliten, deren Radarquerschnitt kleiner als drei  $\text{m}^2$  ist, beginnend mit einem Objekt, dessen maximaler Abstand zur Erde kleiner als 6000 km ist. Danach folgen acht Beobachtungen von Satelliten im Sektor Osten nach Süden. Diese sind untereinander ebenfalls nach dem letzten TLE Update sortiert sowie die darauf folgenden Satelliten der Liste.

Auch für dieses Testszenario ist die Sortierreihenfolge wie gewünscht. Auch die möglichst lückenlose Beobachtung kann in der Tabelle in Anhang 3.8 nachgewiesen werden.



## 5.2 Testszenario "mehrere Kampagnen"

Das zweite übergeordnete Szenario soll prüfen, wie der Scheduler die Planung von Objekten mehrerer Kampagnen bewerkstelligen kann. Dafür wurden drei unterschiedliche Kampagnen mit insgesamt 115 verschiedenen Satelliten ausgewählt. Im weiteren Verlauf wurden wieder zwei Unterszenarien entworfen, um den Sortiergang differierender Kriteriumseinstellungen zu validieren.

Die Stations- und Schedulereinstellungen sind dieselben Einstellungen wie beim Testszenario „eine Kampagne“ (Abbildung 19).

### 5.2.1 Kriterienwahl Szenario 4

Im Szenario 4 werden für den Sortiervorgang die Kriterien: Überflüge, Kampagnen, Radarquerschnitt, Sektor, maximaler Abstand zur Erde und letztes TLE Update in der vorliegenden Reihenfolge eingestellt.

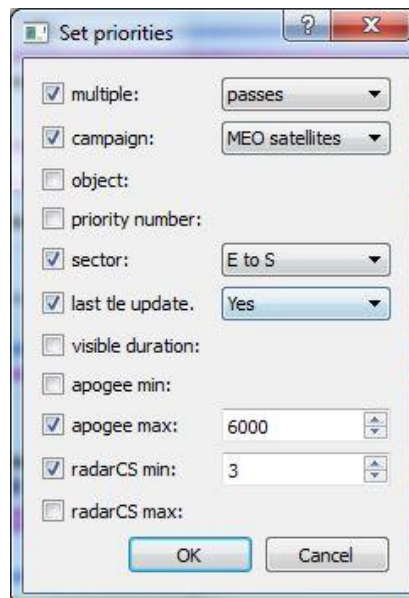


Abbildung 23: Kriterieneinstellung Testszenario 4

Wie in Abbildung 23 zu sehen, sollten Objekte mit möglichst vielen Überflügen, der Kampagne mit dem Namen „MEO satellites“, mit einem Überflug im Sektor Osten nach Süden, einem maximalen Erdbabstand von maximal 6000 km oder einem minimalen Radarquerschnitt von drei m<sup>2</sup> beobachtet werden.

In der Tabelle in Anhang 3.12 ist die Sortierreihenfolge des Szenarios zusammengestellt.

Die ersten 14 Zeilen beinhalten korrekt sortiert die Beobachtungen von Objekten mit mehreren Überflügen (Spalte 7), der Reihe nach vom Satellit mit den meisten Überflügen zum Satelliten mit den geringsten Überflügen sortiert. Im Anschluss daran folgen 22 Beobachtungen von Objekten der Kampagne (Spalte 8) „MEO Satellites“. Davon

sind sechs Beobachtungen von Satelliten mit einem Radarquerschnitt über drei m<sup>2</sup>, die innerhalb dieser 22 Objekte an erster Stelle stehen. Diese sind zuerst nach einem Überflug im Sektor (Spalte 9) Osten nach Süden und darauf nach dem Datum des letzten TLE Updates (Spalte 10) sortiert. Da keines der Objekte einen maximalen Abstand zur Erde von weniger als 6000 km besitzt, ist dieses Kriterium nicht wichtig für diese sechs Objekte. Dahinter wurden die nächsten 16 Beobachtungen, deren Radarquerschnitt kleiner drei m<sup>2</sup> ist auf dieselbe Weise einsortiert. Im Anschluss befinden sich die Objekte anderer Kampagnen, beginnend mit den Satelliten, deren Radarquerschnitt größer drei m<sup>2</sup> ist. Diese sind nach Sektor des Durchfluges und im Anschluss nach TLE Update Zeitpunkt sortiert. Nach diesem Teil des Beobachtungsplanes folgen die Objekte, deren Radarquerschnitt kleiner als drei m<sup>2</sup> ist. Sie sind ebenfalls auf dieselbe Weise sortiert sind.

Die Tabelle in Anhang 3.11 zeigt, dass auch für dieses Szenario eine möglichst lückenlose Beobachtung geplant wurde. Ebenso gibt es keine doppeltbelegten Beobachtungszeiten.

### 5.2.2 Kriterienwahl Szenario 5

Im letzten Test des Szenarios „mehrere Kampagnen“ wurden die Kriterien: maximaler Abstand zur Erde, Kampagne, Radarquerschnitt und Sichtbarkeitsdauer der Priorisierungsliste hinzugefügt.

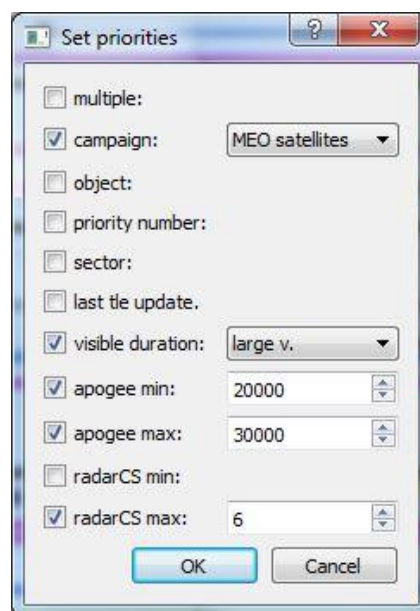


Abbildung 24: Kriterieneinstellung Testszenario 5

Für diese Kontrolle wurde ein Bereich des maximalen Abstands zur Erde eingestellt, von 20000 km bis 30000 km. Des Weiteren sollten Satelliten der Kampagne „MEO satellites“, mit einem Radarquerschnitt von höchstens sechs m<sup>2</sup> und/oder einer langen Sichtbarkeitsdauer priorisiert beobachtet werden.

Die Tabelle in Anhang 3.15 zeigt, dass die ersten eingeplanten Objekte alle einen maximalen Abstand zur Erde (Spalte 5) zwischen 20000 km und 30000 km haben. Die ersten Satelliten hierunter gehören zur Kampagne (Spalte 8) „MEO satellites“. Diese und die anderen Satelliten zwischen 20000 km und 30000 km Abstand zur Erde sind danach geordnet, wobei die Satelliten mit einem Radarquerschnitt (Spalte 6) unter sechs  $\text{m}^2$  als erstes eingeordnet werden. Die letzte Sortierungsstufe ist die Sichtbarkeitsdauer (Spalte 7), wobei hier das am längsten sichtbare Objekt an erster Stelle steht. Danach wurden dem Beobachtungsplan Objekte hinzugefügt, deren maximaler Abstand zur Erde größer 30000 km oder kleiner 20000 km ist. Die ersten dieser Satelliten sind diejenigen, welche der eingestellten Kampagne entsprechen. Von diesen sind die ersten vier Beobachtungen von Objekten deren Radarquerschnitt kleiner als sechs  $\text{m}^2$  ist. Diese Satelliten sind nach ihrer Sichtbarkeitsdauer eingeordnet worden, von dem am längsten zum kürzesten sichtbaren Objekt. Hiernach befinden sich alle Objekte, die nicht zur Kampagne „MEO satellites“ gehören. Diese haben alle einen Radarquerschnitt kleiner als sechs  $\text{m}^2$  und wurden der Reihe nach von der längsten zur kürzesten Sichtbarkeit dem Beobachtungsplan hinzugefügt. Danach wurden keine Satelliten mehr zum Plan hinzugefügt, da kein Objekt mehr dem Beobachtungsplan hinzuzufügen war.

Wie dieser Anwendungstest zeigt, werden auch hier alle Objekte korrekt sortiert.

Ebenso ist in der Tabelle in Anhang 3.14 ersichtlich, dass wieder möglichst lückenlose Beobachtungen ermöglicht werden sowie keine zeitlichen Fehlplanungen vorhanden sind.

### 5.3 Testszenario "komplette Überflüge"

Das letzte Testszenario soll nachweisen, dass auch das Ändern von Einstellungen, wie z.B. der Zeiteinheit, in der beobachtet werden soll, vom Scheduler korrekt umgesetzt wird.

Hierfür wird anstatt einer Beobachtung mit der Dauer der Aufnahme zweier Normal Points, eine Beobachtung mit einem Überflug als Beobachtungszeit geplant.

In Abbildung 25 können die gesetzten Einstellungen für dieses Testszenario nachvollzogen werden.

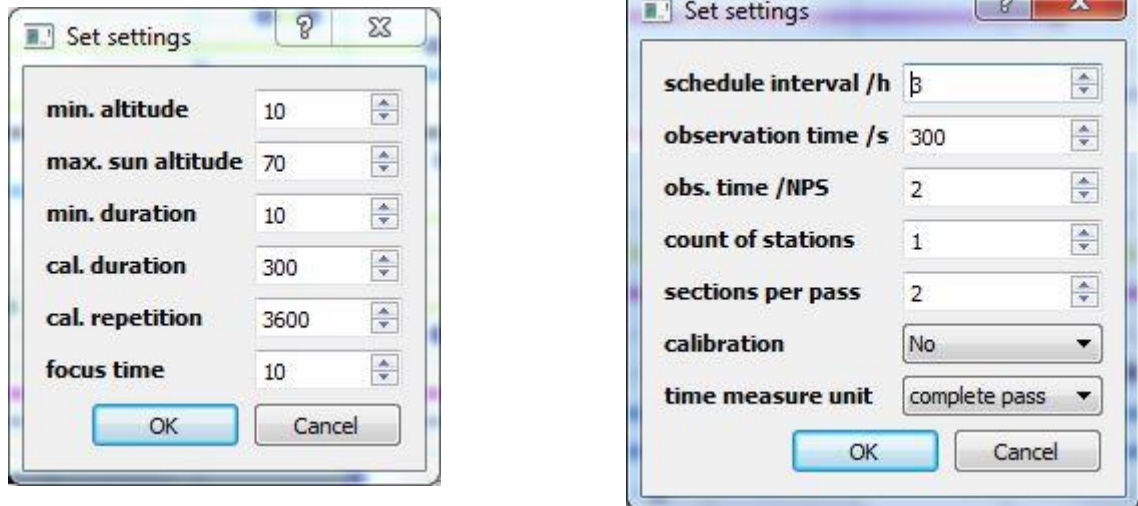


Abbildung 25: Stations- und Schemulereinstellungen "kompletter Überflug"

Um das am besten auswertbare Ergebnis zu bekommen, wurden als Kriterien eine geringe Sichtbarkeitsdauer und möglichst viele Überflüge gewählt. Die kurze Sichtbarkeitsdauer ist das wichtigere Kriterium für diesen Test.

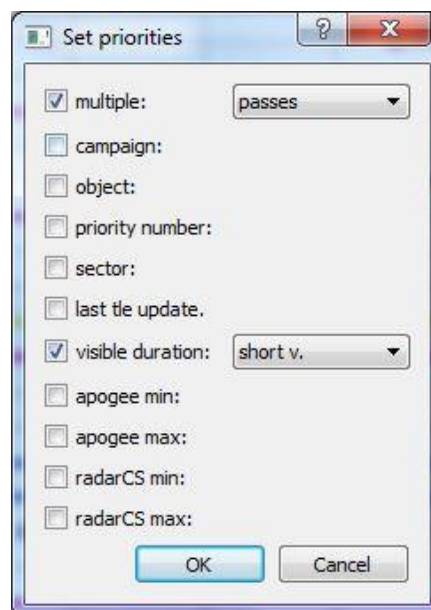


Abbildung 26: Kriterieneinstellungen Testszenario "kompletter Überflug"

Da komplette Überflüge beobachtet werden, ist eine lückenlose Beobachtung schlechter umsetzbar als bei der Wahl einer anderen Beobachtungszeitangabe (z.B.: Sekunden). Jedoch fällt in der Tabelle der Beobachtungsreihenfolge (Anhang 3.18) sofort auf, dass auch hier die Objekte mit geringer Sichtbarkeitsdauer in korrekter Reihenfolge dem Beobachtungsplan zugefügt wurden. So kann auch für dieses Szenario verifiziert werden, dass der Scheduler das prioritätenbasierte Scheduling korrekt umsetzt.

## 6 Resultat und Ausblick

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse hinsichtlich der vorgenommenen Ziele ausgewertet und die Arbeit zusammengefasst. Zudem folgt ein Kapitel, das Bereiche des Tools hervorhebt, die verbessert werden können. Im Anschluss werden Vorschläge für weitere Arbeiten am Tool vorgestellt, die eine weitere Flexibilisierung oder Spezifizierung unterstützen können.

### 6.1 Summarium

Das Hauptziel der Arbeit war es, ein Tool zur automatisierten Erstellung von Beobachtungsplänen von Satelliten und Weltraumschrott, zu implementieren. Dies wurde umgesetzt und als Tool implementiert, das auf Basis vom Nutzer definierter Kriterien eine Priorisierung der Objekte vornimmt und dadurch die zur Beobachtung gewünschten Objekte identifiziert. Diese Kriterien wurden nach einer Probebeobachtung am Observatorium auf der Uhlandshöhe angepasst und erweitert.

Außerdem kann das Programm diese identifizierten Satelliten in einen Zeitplan einordnen, welcher so wenig Lücken im Beobachtungszeitraum wie möglich lässt.

Diese Funktionalitäten wurden in Kapitel 5 herausgearbeitet und belegt.

Auch die graphische Veranschaulichung des Beobachtungsplanes sowie die Interaktion über eine userfreundliche, intuitive, und an die OOOS-Oberfläche angelehnten GUI konnte umgesetzt werden. Ein weiteres Muss-Kriterium dieser Arbeit war die Einbettung dieses Tools in die bestehende Software zur Planung und Überwachung von Observations, welches wie in Kapitel 4.3 beschrieben realisiert wurde.

Darüber hinaus konnte die Anpassbarkeit an verschiedene Beobachtungsarten durch einen prioritätenbasierten Scheduler, wie in Kapitel 3.1.3 vorgestellt, mit den in Kapitel 3.2 aufgeführten Argumenten begründet ausgewählt und wie in Kapitel 3.4 umgesetzten Schedulingalgorithmen erfüllt werden.

Durch das Ausnutzen von objektorientierter Programmierung behält auch das neue Tool den Modularitätsgedanken, mit dem OOOS programmiert wurde. Auch kann durch dieses der Scheduler jederzeit um weitere Kriterien ergänzt werden.

Da das Programm für die Planung lediglich Einstellungsinteraktionen, die entweder das Beobachtungsszenario beziehungsweise die verwendete Hardware charakterisieren oder Anzeigeeinstellungen betreffen, besitzt konnte auch der Usereingriff so gering wie möglich gehalten werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl Muss- als auch Kann- Kriterien des Schedulers erfüllt wurden.

## 6.2 Möglichkeiten der Verbesserung

Trotz großen Erfolgen bei der Umsetzung der Kriterien des Pflichtenheftes, gibt es ein paar Aspekte, die noch verbessert werden können.

Das Beachten und Einplanen von Kalibrationen ist zwar mit dem Scheduler möglich, jedoch werden Kalibrationen bisher an die Stelle einer Beobachtung eingefügt, bei der die letzte Kalibration länger als die Hälfte der Kalibrationswiederholungszeit zurück liegt. Auf diese Weise geht Beobachtungszeit verloren. Um dies bei hochprioren Objekten zu verhindern, könnte auch erst am Ende der Erstellung eines Schedules der Beobachtungsplan überarbeitet werden. Hierbei werden innerhalb der kompletten Kalibrationswiederholungszeitspanne nach niederprioren Objekten gesucht und diese entfernt, um Kalibrationen in den Beobachtungsplan einzufügen. Hiernach könnte man eventuell den Scheduler erneut für die Beobachtungszeit nach der Kalibration laufen lassen.

Des Weiteren könnte man im Interface eine Möglichkeit zum Sortieren der Objekte im Plot integrieren, um dem Nutzer eine verbesserte Sicht auf das Szenario zu bieten. Auf diese Weise könnte die Kriterienauswahl verbessert werden.

## 6.3 Ausblick

Durch den modularen Aufbau des Tools ist es möglich, dieses um weitere nützliche Funktionen zu ergänzen.

Für zukünftige Arbeiten an dem Tool wurde in den Einstellungen die Option hinterlegt, den Scheduler für mehrere Stationen einen Beobachtungsplan entwerfen zu lassen. Durch das Einbinden mehrerer Stationen könnten so Objekte, die von der einen Station nicht beobachtet werden können, einer anderen Beobachtungsstation zugewiesen werden.

Zudem könnte die Einbindung aktueller Wetterdaten die Anzahl der qualitativ hochwertigen Aufnahmen steigern, da so Umwelteinflüsse wie Wolken beachtet werden können.



## Literaturverzeichnis

1. KLINKRAD, H. *Space Debris. Models and Risk Analysis*. Berlin, Heidelberg: Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2006. Springer Praxis Books. ISBN 3540376747.
2. ESA. *Space Debris* [online] [Zugriff am: 8. Januar 2019]. Verfügbar unter: [https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/03/Space\\_Debris](https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/03/Space_Debris)
3. KELSO, T.S. *Analysis of the Iridium 33-Cosmos 2251 Collision*.
4. NASA ORBITAL DEBRIS PROGRAM OFFICE. Orbital Debris Quarterly News 22-1.
5. PEARLMAN, M.R., J.J. DEGNAN und J.M. BOSWORTH. The International Laser Ranging Service [online]. *Advances in Space Research*, 2002, **30**(2), 135-143. ISSN 02731177. Verfügbar unter: doi:10.1016/S0273-1177(02)00277-6
6. WILKINSON, M., U. SCHREIBER, I. PROCHÁZKA, C. MOORE, J. DEGNAN, G. KIRCHNER, Z. ZHONGPING, P. DUNN, V. SHARGORODSKIY, M. SADOVNIKOV, C. COURDE und H. KUNIMORI. The next generation of satellite laser ranging systems [online]. *Journal of Geodesy*, 2018, **23**(4), 1-414. ISSN 0949-7714. Verfügbar unter: doi:10.1007/s00190-018-1196-1
7. *OpenStreetMap* [online] [Zugriff am: 8. Januar 2019]. Verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/48.7714/9.1803>
8. HAMPF, D. OOOS: A hardware-independent SLR control system.
9. BERTAGNOLLI, F. *Lean Management. Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018. Lehrbuch. ISBN 9783658131241.
10. HOCHSTÄTTLER, W. *Lineare Optimierung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017. ISBN 978-3-662-54424-2.
11. KOOP, A. und H. MOOCK. *Lineare Optimierung - eine anwendungsorientierte Einführung in Operations Research*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2018. ISBN 9783662561409.
12. HUßMANN, S. und B. LUTZ-WESTPHAL. *Diskrete Mathematik erleben*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. ISBN 978-3-658-06992-6.
13. SCHMITTING, W. *Das Traveling-Salesman-Problem. Anwendungen und heuristische Nutzung von Voronoi-/Delaunay-Strukturen zur Lösung euklidischer, zweidimensionaler Traveling-Salesman-Probleme*. Dissertation, 21. Oktober 1998. ISBN 3000040897.

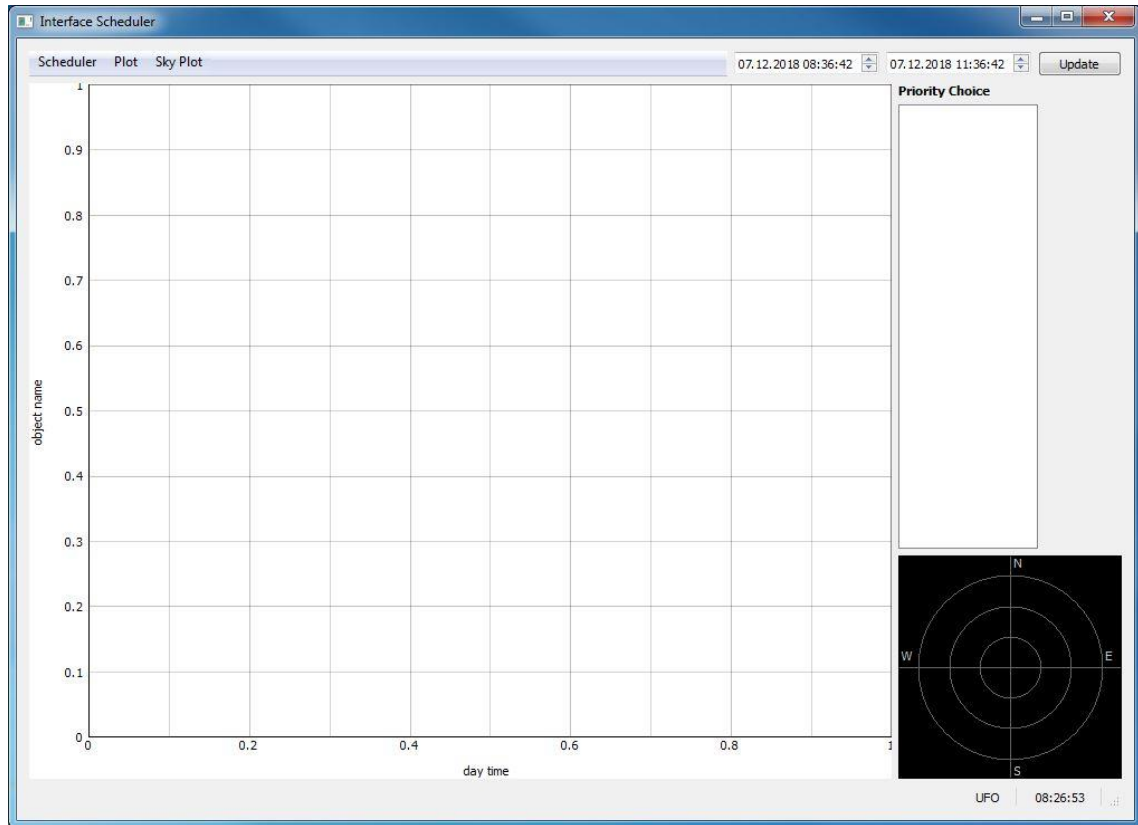
14. MANDL, P. *Grundkurs Betriebssysteme*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. ISBN 978-3-658-06217-0.
15. MARWEDEL, P. *Eingebettete Systeme*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. ISBN 978-3-540-34048-5.
16. DILLER, H., Hg. *Marketingplanung*. 2., vollständig neu bearbeitete und ergänzte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, 2014. ISBN 9783800648795.
17. LANG, H.W. *Algorithmen in Java. Sortieren, Textsuche, Codierung, Kryptografie*. 3. Aufl. München: Oldenbourg, 2012. Informatik 10-2012. ISBN 9783486714067.
18. *operator — Standard operators as functions — Python 3.7.2rc1 documentation* [online]. 21 Dezember 2018 [Zugriff am: 21. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <https://docs.python.org/3/library/operator.html>
19. *QAction Class Reference* [online]. 31 August 2018 [Zugriff am: 7. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/qaction.html>
20. *New-style Signal and Slot Support — PyQt 4.12.3 Reference Guide* [online]. 31 August 2018 [Zugriff am: 7. Dezember 2018]. Verfügbar unter: [http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/new\\_style\\_signals\\_slots.html](http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/new_style_signals_slots.html)
21. *PyQt - Python Wiki* [online] [Zugriff am: 18. Januar 2019]. Verfügbar unter: <https://wiki.python.org/moin/PyQt>
22. *QSpinBox Class Reference* [online]. 31 August 2018 [Zugriff am: 7. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/qspinbox.html>
23. *QComboBox Class Reference* [online]. 31 August 2018 [Zugriff am: 7. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/qcombobox.html>
24. *QDialogButtonBox Class Reference* [online]. 31 August 2018 [Zugriff am: 7. Dezember 2018]. Verfügbar unter: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/qdialogbuttonbox.html>



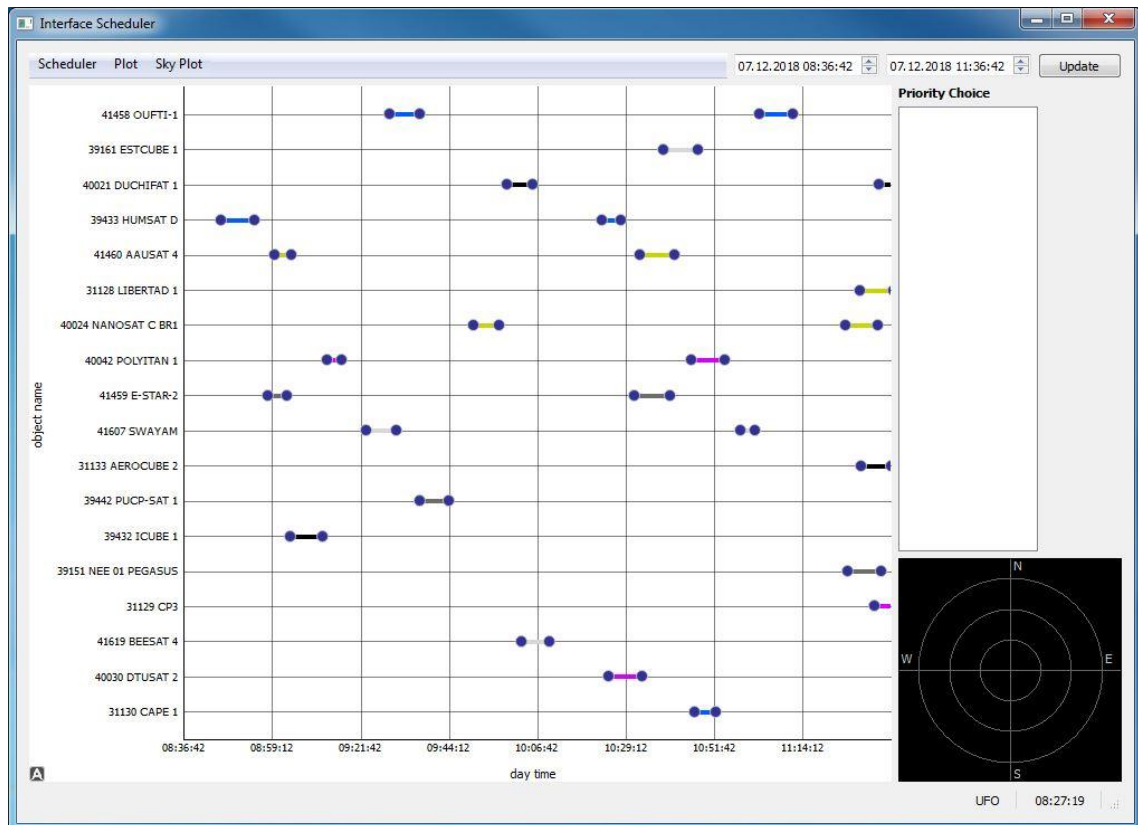
## Anhang

### Anhang 1 Scheduler Interface:

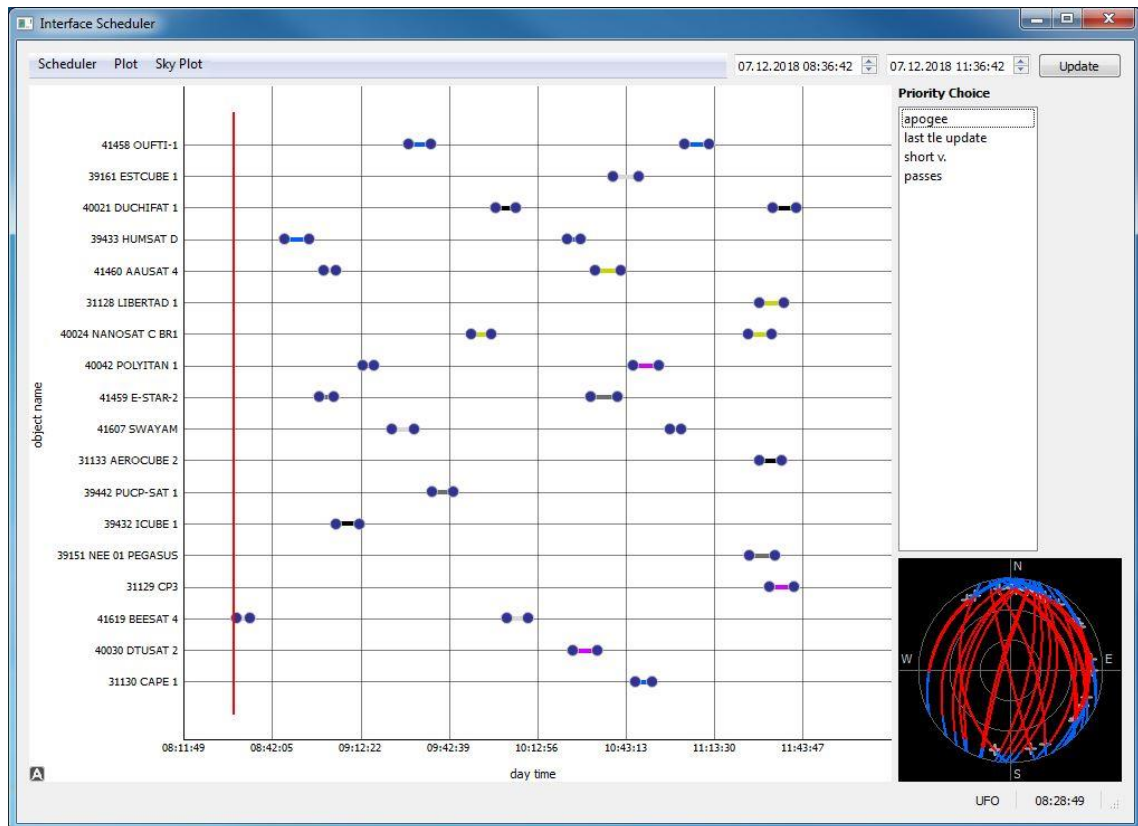
#### Anhang 1.1 Scheduler Interface nach Start



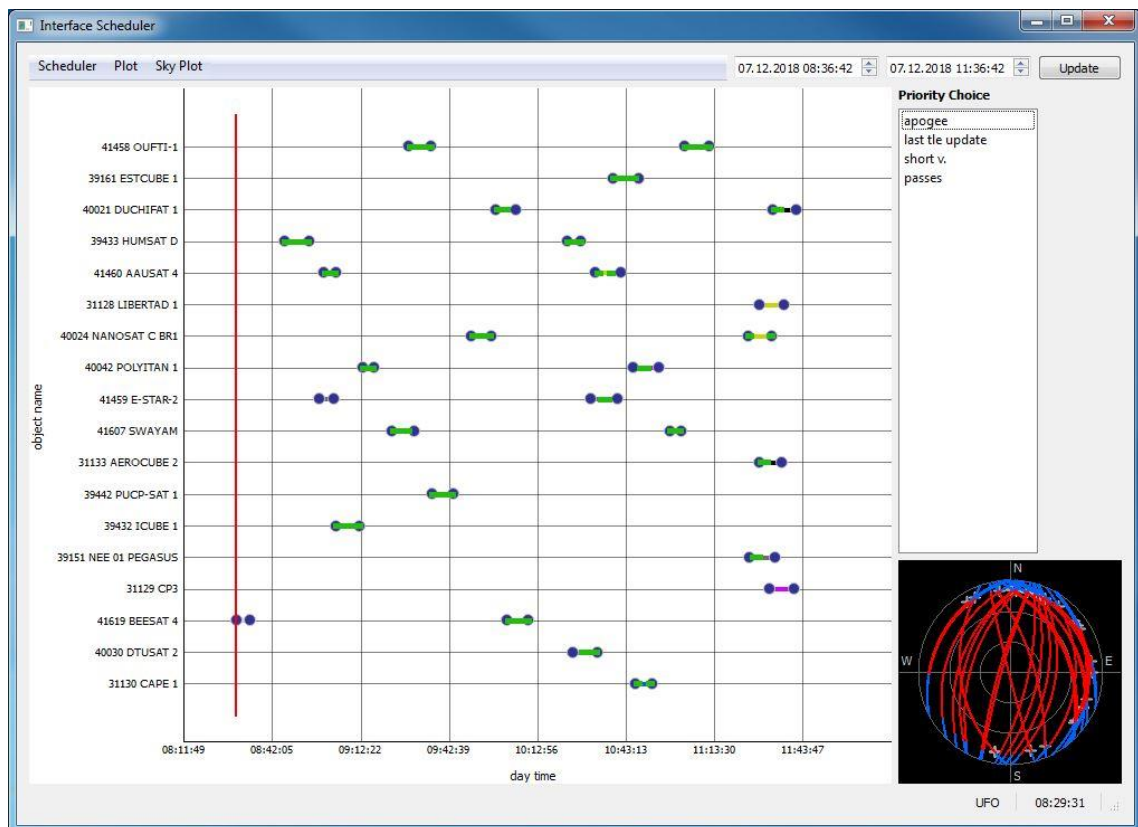
## Anhang 1.2 Scheduler Interface Plot einer Kampagne



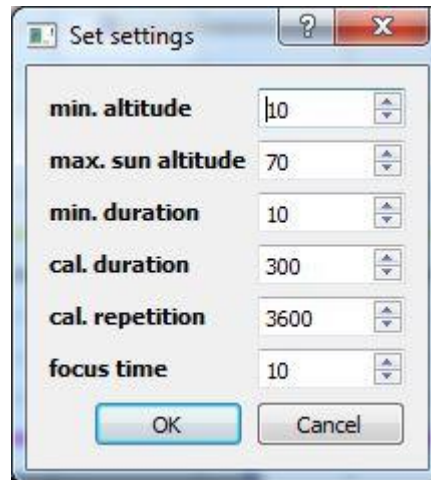
## Anhang 1.3 Scheduler Interface mit Sky Plot , aktueller Zeit und eingestellten Kriterien



## Anhang 1.4 Scheduler Interface mit allen Anzeigemöglichkeiten

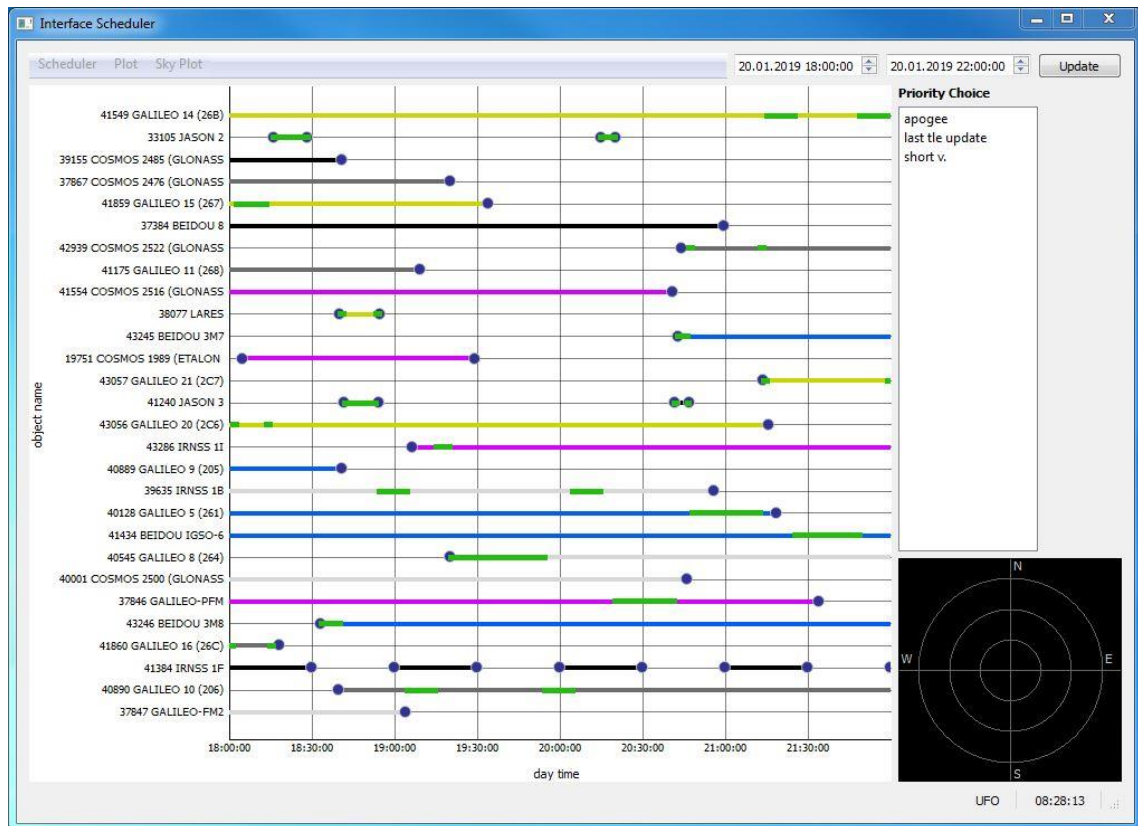


## Anhang 2 Einstellungsfenster Station



## Anhang 3 Testszenarios

### Anhang 3.1 Testszenario 1 Interface



### Anhang 3.2 Testszenario 1 Schedule nach Beobachtungszeit

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:12:25
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:27:35
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:38:58
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:38:59	20.01.2019 18:40:09
38077	LARES	20.01.2019 18:40:10	20.01.2019 18:41:20
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:52:38
41240	JASON 3	20.01.2019 18:52:39	20.01.2019 18:53:19
38077	LARES	20.01.2019 18:53:20	20.01.2019 18:54:30
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 18:54:31	20.01.2019 19:04:41
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:04:42	20.01.2019 19:14:52
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:14:53	20.01.2019 19:18:57
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:58	20.01.2019 19:20:08
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:44:14
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:44:15	20.01.2019 19:54:25
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:54:26	20.01.2019 20:04:36
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 20:04:37	20.01.2019 20:14:47
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:19:21
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:22	20.01.2019 20:20:02
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:20:03	20.01.2019 20:31:16
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:31:17	20.01.2019 20:41:27
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:44:54
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:47:57
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:47:58	20.01.2019 21:02:17
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 21:02:18	20.01.2019 21:12:28
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:12:29	20.01.2019 21:13:39
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:14:50
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:14:51	20.01.2019 21:25:01
41434	BEIDOU IGSO-6	20.01.2019 21:25:02	20.01.2019 21:38:27
41434	BEIDOU IGSO-6	20.01.2019 21:38:28	20.01.2019 21:48:38
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:48:39	20.01.2019 21:58:49
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:58:50	20.01.2019 22:00:00

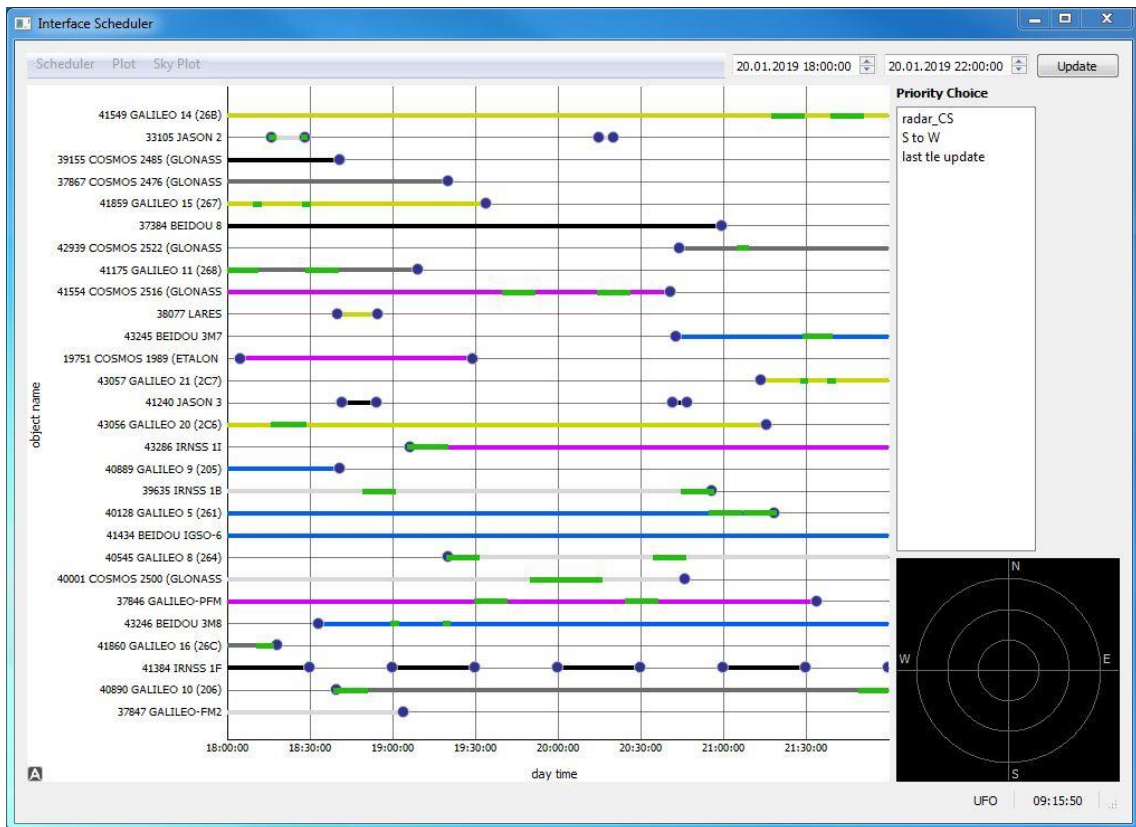
### Anhang 3.3 Testszenario 1 Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apog ee	Sichtbarkeits- dauer /s	letztes update	TLE
38077	LARES	20.01.2019 18:40:10	20.01.2019 18:41:20	1452	860.0	12.12.2018 12:57:35	
38077	LARES	20.01.2019 18:53:20	20.01.2019 18:54:30	1452	860.0	12.12.2018 12:57:35	
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08	1344	318.0	12.12.2018 21:17:46	
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46	1344	318.0	12.12.2018 21:17:46	
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:42:29	1344	752.0	12.12.2018 21:17:46	
41240	JASON 3	20.01.2019 18:52:39	20.01.2019 18:53:19	1344	752.0	12.12.2018 21:17:46	
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:15:28	1317	314.0	12.12.2018 22:35:06	
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:22	20.01.2019 20:20:02	1317	314.0	12.12.2018 22:35:06	
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39	1317	737.0	12.12.2018 22:35:06	
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16	1317	737.0	12.12.2018 22:35:06	
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:14:50	2322 7	18484.0	10.12.2018 17:26:03	
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:58:50	20.01.2019 22:00:00	2322 7	18484.0	10.12.2018 17:26:03	
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 18:54:31	20.01.2019 19:04:41	3587 4	52747.0	11.12.2018 10:04:29	
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 20:04:37	20.01.2019 20:14:47	3587 4	52747.0	11.12.2018 10:04:29	
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:04:42	20.01.2019 19:14:52	2322 7	23243.0	11.12.2018 19:52:51	
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:54:26	20.01.2019 20:04:36	2322 7	23243.0	11.12.2018 19:52:51	
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:30:19	2322 4	28128.0	11.12.2018 22:51:10	
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:44:15	20.01.2019 19:54:25	2322 4	28128.0	11.12.2018 22:51:10	
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:20:03	20.01.2019 20:30:13	2323 7	19482.0	12.12.2018 09:22:53	
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:31:17	20.01.2019 20:41:27	2323 7	19482.0	12.12.2018 09:22:53	



Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apog ee	Sichtbarkeits- dauer /s	letztes update	TLE
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:47:57	1914 4	14811.0	12.12.2018 14:30:42	
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:12:29	20.01.2019 21:13:39	1914 4	14811.0	12.12.2018 14:30:42	
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:43:51	2153 3	25533.0	12.12.2018 16:09:21	
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05	2153 3	25533.0	12.12.2018 16:09:21	
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20	2154 3	25102.0	12.12.2018 17:06:24	
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:38:59	20.01.2019 18:40:09	2154 3	25102.0	12.12.2018 17:06:24	
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10	2323 7	19045.0	12.12.2018 17:35:55	
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58	2323 7	19045.0	12.12.2018 17:35:55	
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21	2322 9	29282.0	12.12.2018 20:28:03	
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47	2322 9	29282.0	12.12.2018 20:28:03	
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32	2324 1	6172.0	12.12.2018 21:07:00	
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36	2324 1	6172.0	12.12.2018 21:07:00	
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:47:58	20.01.2019 20:58:08	2621 7	16643.0	12.12.2018 22:04:05	
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 21:02:18	20.01.2019 21:12:28	2621 7	16643.0	12.12.2018 22:04:05	
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:14:51	20.01.2019 21:25:01	2322 4	27293.0	12.12.2018 22:16:27	
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:48:39	20.01.2019 21:58:49	2322 4	27293.0	12.12.2018 22:16:27	
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:14:53	20.01.2019 19:16:03	3587 2	52240.0	12.12.2018 22:48:19	
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:58	20.01.2019 19:20:08	3587 2	52240.0	12.12.2018 22:48:19	
41434	BEIDOU IGSO-6	20.01.2019 21:25:02	20.01.2019 21:35:12	3591 3	28034.0	13.12.2018 05:16:28	
41434	BEIDOU IGSO-6	20.01.2019 21:38:28	20.01.2019 21:48:38	3591 3	28034.0	13.12.2018 05:16:28	

## Anhang 3.4 Testszenario 2 Interface



### Anhang 3.5 Testszenario 2 Schedule nach Beobachtungszeit

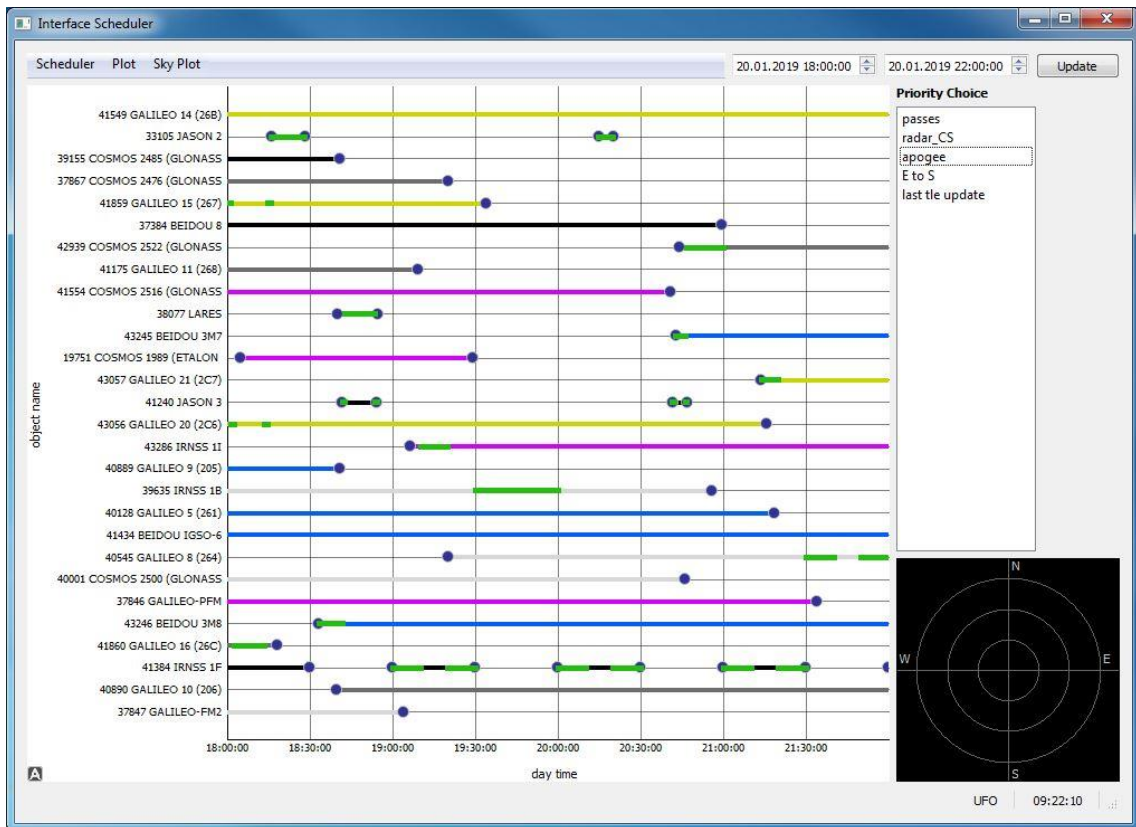
Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
41175	GALILEO 11 (268)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:10:10
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:10:11	20.01.2019 18:11:21
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:11:22	20.01.2019 18:14:47
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:16:40	20.01.2019 18:26:20
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:26:21	20.01.2019 18:27:31
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:32	20.01.2019 18:28:12
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:28:13	20.01.2019 18:29:23
41175	GALILEO 11 (268)	20.01.2019 18:29:24	20.01.2019 18:39:34
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 18:39:35	20.01.2019 18:49:45
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 18:49:46	20.01.2019 18:59:56
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:59:57	20.01.2019 19:01:07
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:06:17	20.01.2019 19:17:46
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:17:47	20.01.2019 19:18:57
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 19:18:58	20.01.2019 19:20:08
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:30:19
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 19:30:20	20.01.2019 19:40:30
41554	COSMOS 2516 (GLONASS)	20.01.2019 19:40:31	20.01.2019 19:50:41
40001	COSMOS 2500 (GLONASS)	20.01.2019 19:50:42	20.01.2019 20:04:44
40001	COSMOS 2500 (GLONASS)	20.01.2019 20:04:45	20.01.2019 20:14:55
41554	COSMOS 2516 (GLONASS)	20.01.2019 20:14:56	20.01.2019 20:25:06
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:25:07	20.01.2019 20:35:17
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 20:35:18	20.01.2019 20:45:28
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 20:45:29	20.01.2019 20:55:39
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:55:40	20.01.2019 21:05:50
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:05:51	20.01.2019 21:07:03
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:07:04	20.01.2019 21:08:14
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 21:08:15	20.01.2019 21:18:25
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:18:26	20.01.2019 21:28:36
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:28:37	20.01.2019 21:29:47
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:29:48	20.01.2019 21:37:16
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:37:17	20.01.2019 21:38:27
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:38:28	20.01.2019 21:39:38
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:39:39	20.01.2019 21:49:49
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00

### Anhang 3.6 Testszenario 2 Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Radarquer- schnitt	Sec- tor	letztes update	TLE
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 18:39:35	20.01.2019 18:49:45	8,8826	S to W	11.12.2018 19:52:51	
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00	8,8826	S to W	11.12.2018 19:52:51	
41175	GALILEO 11 (268)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:10:10	9,9514	S to W	12.12.2018 19:21:16	
41175	GALILEO 11 (268)	20.01.2019 18:29:24	20.01.2019 18:39:34	9,9514	S to W	12.12.2018 19:21:16	
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 18:49:46	20.01.2019 18:59:56	6,3096	E to S	11.12.2018 10:04:29	
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 20:45:29	20.01.2019 20:55:39	6,3096	E to S	11.12.2018 10:04:29	
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:30:19	9,4592	E to S	11.12.2018 22:51:10	
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 20:35:18	20.01.2019 20:45:28	9,4592	E to S	11.12.2018 22:51:10	
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 19:30:20	20.01.2019 19:40:30	12,6191	N to E	12.12.2018 09:22:53	
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:25:07	20.01.2019 20:35:17	12,6191	N to E	12.12.2018 09:22:53	
41554	COSMOS 2516 (GLONASS)	20.01.2019 19:40:31	20.01.2019 19:50:41	7,7297	E to S	12.12.2018 10:22:45	
41554	COSMOS 2516 (GLONASS)	20.01.2019 20:14:56	20.01.2019 20:25:06	7,7297	E to S	12.12.2018 10:22:45	
40001	COSMOS 2500 (GLONASS)	20.01.2019 19:50:42	20.01.2019 20:00:52	11,3214	N to E	12.12.2018 15:38:45	
40001	COSMOS 2500 (GLONASS)	20.01.2019 20:04:45	20.01.2019 20:14:55	11,3214	N to E	12.12.2018 15:38:45	
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:10:11	20.01.2019 18:11:21	18,3608	W to N	12.12.2018 21:07:00	
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:28:13	20.01.2019 18:29:23	18,3608	W to N	12.12.2018 21:07:00	
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:55:40	20.01.2019 21:05:50	4,1215	N to E	12.12.2018 22:04:05	
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 21:08:15	20.01.2019 21:18:25	4,1215	N to E	12.12.2018 22:04:05	
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:18:26	20.01.2019 21:28:36	6,5968	E to S	12.12.2018 22:16:27	
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 21:39:39	20.01.2019 21:49:49	6,5968	E to S	12.12.2018 22:16:27	

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Radarquer- schnitt	Sec- tor	letztes update	TLE
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39	3,1623	N to E	12.12.2018 22:35:06	
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:32	20.01.2019 18:28:12	3,1623	N to E	12.12.2018 22:35:06	
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:28:37	20.01.2019 21:29:47	-1,0000	S to W	10.12.2018 17:26:03	
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:38:28	20.01.2019 21:39:38	-1,0000	S to W	10.12.2018 17:26:03	
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:05:51	20.01.2019 21:07:01	-1,0000	S to W	12.12.2018 14:30:42	
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 21:07:04	20.01.2019 21:08:14	-1,0000	S to W	12.12.2018 14:30:42	
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:11:22	20.01.2019 18:12:32	2,7896	S to W	12.12.2018 17:35:55	
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58	2,7896	S to W	12.12.2018 17:35:55	
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:29:48	20.01.2019 21:30:58	-1,0000	E to S	12.12.2018 16:09:21	
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:37:17	20.01.2019 21:38:27	-1,0000	E to S	12.12.2018 16:09:21	
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:59:57	20.01.2019 19:01:07	-1,0000	E to S	12.12.2018 17:06:24	
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 19:18:58	20.01.2019 19:20:08	-1,0000	E to S	12.12.2018 17:06:24	
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:16:40	20.01.2019 18:17:50	-1,0000	E to S	12.12.2018 20:28:03	
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:26:21	20.01.2019 18:27:31	-1,0000	E to S	12.12.2018 20:28:03	
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:06:17	20.01.2019 19:07:27	-1,0000	E to S	12.12.2018 22:48:19	
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:17:47	20.01.2019 19:18:57	-1,0000	E to S	12.12.2018 22:48:19	

### Anhang 3.7 Testszenario 3 Interface



### Anhang 3.8 Testszenario 3 Schedule nach Beobachtungszeit

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:12:25
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:27:35
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:40:37
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:40:38	20.01.2019 18:41:48
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:42:29
38077	LARES	20.01.2019 18:42:30	20.01.2019 18:52:29
38077	LARES	20.01.2019 18:52:30	20.01.2019 18:53:40
41240	JASON 3	20.01.2019 18:53:41	20.01.2019 18:54:21
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00:00	20.01.2019 19:10:10
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:10:11	20.01.2019 19:18:38
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:39	20.01.2019 19:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:19:50	20.01.2019 19:30:00
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:30:01	20.01.2019 19:49:48
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:49:49	20.01.2019 19:59:59
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:00:00	20.01.2019 20:10:10
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:19:08
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:09	20.01.2019 20:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:19:50	20.01.2019 20:30:00
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:44:54
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:58:48
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:58:49	20.01.2019 20:59:59
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00:00	20.01.2019 21:10:10
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:18:38
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:18:39	20.01.2019 21:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:19:50	20.01.2019 21:30:00
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:30:01	20.01.2019 21:40:11
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00

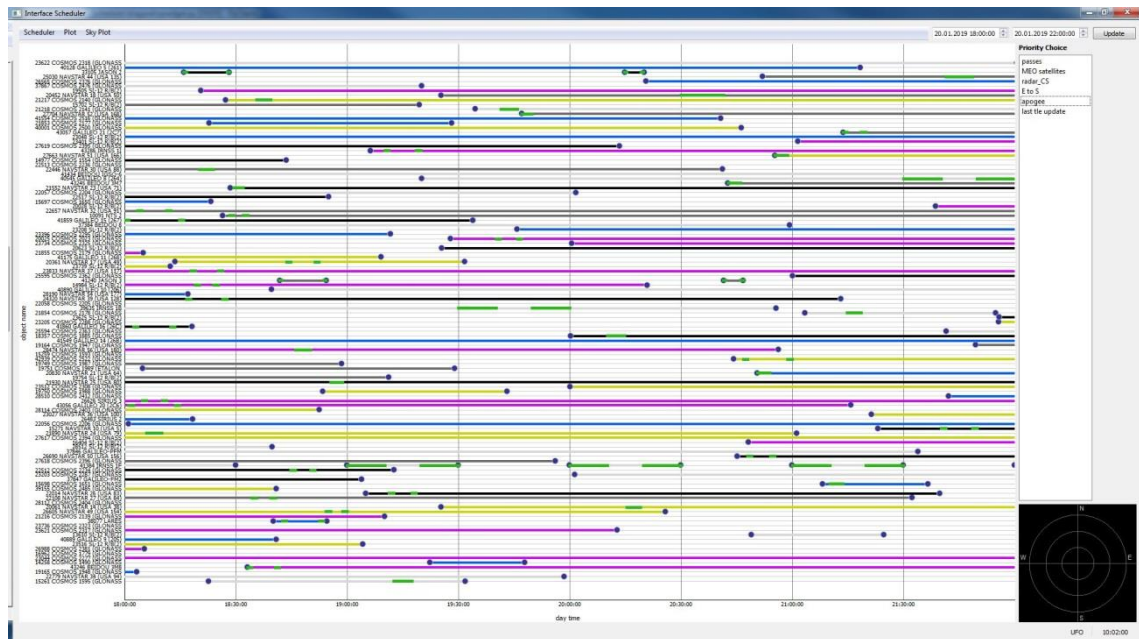
### Anhang 3.9 Testszenario 3 Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Über flüge	Sec- tor	letztes TLE update
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00:00	20.01.2019 19:10:10	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:19:50	20.01.2019 19:30:00	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:00:00	20.01.2019 20:10:10	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:19:50	20.01.2019 20:30:00	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00:00	20.01.2019 21:10:10	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:19:50	20.01.2019 21:30:00	35875	0,0030	5	E to S	12.12.2018 09:01:08
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:15:28	1317	3,1623	2	N to E	12.12.2018 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:09	20.01.2019 20:19:49	1317	3,1623	2	N to E	12.12.2018 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39	1317	3,1623	2	N to E	12.12.2018 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16	1317	3,1623	2	N to E	12.12.2018 22:35:06
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08	1344	2,7109	2	N to E	12.12.2018 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46	1344	2,7109	2	N to E	12.12.2018 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:42:29	1344	2,7109	2	N to E	12.12.2018 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 18:53:41	20.01.2019 18:54:21	1344	2,7109	2	N to E	12.12.2018 21:17:46
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:30:01	20.01.2019 19:40:11	35874	6,3096	1	E to S	11.12.2018 10:04:29
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:49:49	20.01.2019 19:59:59	35874	6,3096	1	E to S	11.12.2018 10:04:29
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:30:01	20.01.2019 21:40:11	23224	9,4592	1	E to S	11.12.2018 22:51:10
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00	23224	9,4592	1	E to S	11.12.2018 22:51:10
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10	23241	18,3608	1	W to N	12.12.2018 21:07:00



Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Über flüge	Sec- tor	letztes TLE update
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58	23241	18,3608	1	W to N	12.12.2018 21:07:00
38077	LARES	20.01.2019 18:42:30	20.01.2019 18:43:40	1452	0,0379	1	S to W	12.12.2018 12:57:35
38077	LARES	20.01.2019 18:52:30	20.01.2019 18:53:40	1452	0,0379	1	S to W	12.12.2018 12:57:35
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:43:51	21533	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 16:09:21
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05	21533	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 16:09:21
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20	21543	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 17:06:24
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:40:38	20.01.2019 18:41:48	21543	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 17:06:24
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21	23229	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 20:28:03
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47	23229	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 20:28:03
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:10:11	20.01.2019 19:11:21	35872	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 22:48:19
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:39	20.01.2019 19:19:49	35872	-1,0000	1	E to S	12.12.2018 22:48:19
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:14:50	23227	-1,0000	1	S to W	10.12.2018 17:26:03
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:18:39	20.01.2019 21:19:49	23227	-1,0000	1	S to W	10.12.2018 17:26:03
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:47:57	19144	-1,0000	1	S to W	12.12.2018 14:30:42
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:58:49	20.01.2019 20:59:59	19144	-1,0000	1	S to W	12.12.2018 14:30:42
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32	23237	2,7896	1	S to W	12.12.2018 17:35:55
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36	23237	2,7896	1	S to W	12.12.2018 17:35:55

### Anhang 3.10 Testszenario 4 Interface



### Anhang 3.11 Testszenario 4 Schedule nach Beobachtungszeit

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:03:33	20.01.2019 18:04:43
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:04:44	20.01.2019 18:05:54
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:05:55	20.01.2019 18:08:52
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:08:53	20.01.2019 18:10:03
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:10:04	20.01.2019 18:11:14
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:11:15	20.01.2019 18:12:25
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:16:40	20.01.2019 18:17:50
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:17:51	20.01.2019 18:19:01
14984	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 18:19:02	20.01.2019 18:20:12
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:20:13	20.01.2019 18:22:51
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:22:52	20.01.2019 18:24:02
14984	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 18:24:03	20.01.2019 18:25:13
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:25:14	20.01.2019 18:26:24
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:26:25	20.01.2019 18:27:35
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16
10091	NTS 2	20.01.2019 18:28:17	20.01.2019 18:29:27
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:29:28	20.01.2019 18:30:47
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:30:48	20.01.2019 18:31:58
10091	NTS 2	20.01.2019 18:31:59	20.01.2019 18:33:09
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:34:21	20.01.2019 18:35:31
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 18:35:32	20.01.2019 18:38:15
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 18:38:16	20.01.2019 18:39:26
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:39:27	20.01.2019 18:40:37
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:40:38	20.01.2019 18:41:48
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:42:29
38077	LARES	20.01.2019 18:42:30	20.01.2019 18:43:40
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:43:41	20.01.2019 18:44:51
22512	COSMOS 2234 (GLONASS)	20.01.2019 18:44:52	20.01.2019 18:46:02
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:46:03	20.01.2019 18:48:56
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:48:57	20.01.2019 18:50:07
22512	COSMOS 2234 (GLONASS)	20.01.2019 18:50:08	20.01.2019 18:51:18
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:51:19	20.01.2019 18:52:29

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
38077	LARES	20.01.2019 18:52:30	20.01.2019 18:53:40
41240	JASON 3	20.01.2019 18:53:41	20.01.2019 18:54:21
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:54:22	20.01.2019 18:55:32
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:55:33	20.01.2019 18:57:37
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:57:38	20.01.2019 18:58:48
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:58:49	20.01.2019 18:59:59
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00:00	20.01.2019 19:10:10
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:10:11	20.01.2019 19:11:21
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:11:22	20.01.2019 19:12:32
15261	COSMOS 1595 (GLONASS)	20.01.2019 19:12:33	20.01.2019 19:16:16
15261	COSMOS 1595 (GLONASS)	20.01.2019 19:16:17	20.01.2019 19:17:27
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:17:28	20.01.2019 19:18:38
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:39	20.01.2019 19:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:19:50	20.01.2019 19:30:00
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:30:01	20.01.2019 19:40:11
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 19:40:12	20.01.2019 19:41:22
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 19:41:23	20.01.2019 19:44:40
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 19:44:41	20.01.2019 19:45:51
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 19:45:52	20.01.2019 19:47:02
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:47:03	20.01.2019 19:48:37
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:48:38	20.01.2019 19:49:48
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:49:49	20.01.2019 19:59:59
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:00:00	20.01.2019 20:10:10
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 20:10:11	20.01.2019 20:13:36
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 20:13:37	20.01.2019 20:14:47
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:15:28
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 20:15:29	20.01.2019 20:17:57
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 20:17:58	20.01.2019 20:19:08
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:09	20.01.2019 20:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:19:50	20.01.2019 20:30:00
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 20:30:01	20.01.2019 20:40:16
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 20:40:17	20.01.2019 20:41:27
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:44:54
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:47:57
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:47:58	20.01.2019 20:49:08
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:50:35	20.01.2019 20:52:52
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:52:53	20.01.2019 20:54:03
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:54:04	20.01.2019 20:55:14
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:55:15	20.01.2019 20:57:37

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:57:38	20.01.2019 20:58:48
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:58:49	20.01.2019 20:59:59
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00:00	20.01.2019 21:10:10
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:10:11	20.01.2019 21:12:28
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:12:29	20.01.2019 21:13:39
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:14:50
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:14:51	20.01.2019 21:17:27
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:17:28	20.01.2019 21:18:38
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:18:39	20.01.2019 21:19:49
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:19:50	20.01.2019 21:30:00
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:30:01	20.01.2019 21:40:11
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:40:12	20.01.2019 21:41:22
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:41:23	20.01.2019 21:47:27
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:47:28	20.01.2019 21:48:38
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:48:39	20.01.2019 21:49:49
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00

### Anhang 3.12 Testszenario 4 Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00:00	20.01.2019 19:10:10	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:19:50	20.01.2019 19:30:00	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:00:00	20.01.2019 20:10:10	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 20:19:50	20.01.2019 20:30:00	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00:00	20.01.2019 21:10:10	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:19:50	20.01.2019 21:30:00	35875	0,003	5	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 09:01:08
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:15:28	1317	3,1623	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 20:19:09	20.01.2019 20:19:49	1317	3,1623	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:16:39	1317	3,1623	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 22:35:06
33105	JASON 2	20.01.2019 18:27:36	20.01.2019 18:28:16	1317	3,1623	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 22:35:06
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:42:08	1344	2,7109	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 20:46:06	20.01.2019 20:46:46	1344	2,7109	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:42:29	1344	2,7109	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 21:17:46
41240	JASON 3	20.01.2019 18:53:41	20.01.2019 18:54:21	1344	2,7109	2	MEO satelli- tes	N to E	12.12.201 8 21:17:46

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:30:01	20.01.2019 19:40:11	35874	6,3096	1	MEO satelli- tes	E to S	11.12.201 8 10:04:29
39635	IRNSS 1B	20.01.2019 19:49:49	20.01.2019 19:59:59	35874	6,3096	1	MEO satelli- tes	E to S	11.12.201 8 10:04:29
40545	GALI- LEO 8 (264)	20.01.2019 21:30:01	20.01.2019 21:40:11	23224	9,4592	1	MEO satelli- tes	E to S	11.12.201 8 22:51:10
40545	GALI- LEO 8 (264)	20.01.2019 21:49:50	20.01.2019 22:00:00	23224	9,4592	1	MEO satelli- tes	E to S	11.12.201 8 22:51:10
41859	GALI- LEO 15 (267)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10	23241	18,3608	1	MEO satelli- tes	W to N	12.12.201 8 21:07:00
41859	GALI- LEO 15 (267)	20.01.2019 18:14:48	20.01.2019 18:15:58	23241	18,3608	1	MEO satelli- tes	W to N	12.12.201 8 21:07:00
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:43:51	21533	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 16:09:21
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:44:55	20.01.2019 20:46:05	21533	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 16:09:21
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20	21543	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 17:06:24
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:40:38	20.01.2019 18:41:48	21543	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 17:06:24
43056	GALI- LEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21	23229	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 20:28:03
43056	GALI- LEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:13:37	20.01.2019 18:14:47	23229	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 20:28:03
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:10:11	20.01.2019 19:11:21	35872	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 22:48:19
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:18:39	20.01.2019 19:19:49	35872	-1	1	MEO satelli- tes	E to S	12.12.201 8 22:48:19
38077	LARES	20.01.2019 18:42:30	20.01.2019 18:43:40	1452	0,0379	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 12:57:35

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
38077	LARES	20.01.2019 18:52:30	20.01.2019 18:53:40	1452	0,0379	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 12:57:35
43057	GALI- LEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:13:40	20.01.2019 21:14:50	23227	-1	1	MEO satelli- tes	S to W	10.12.201 8 17:26:03
43057	GALI- LEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:18:39	20.01.2019 21:19:49	23227	-1	1	MEO satelli- tes	S to W	10.12.201 8 17:26:03
42939	COSMO S 2522 (GLON- ASS)	20.01.2019 20:46:47	20.01.2019 20:47:57	19144	-1	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 14:30:42
42939	COSMO S 2522 (GLON- ASS)	20.01.2019 20:58:49	20.01.2019 20:59:59	19144	-1	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 14:30:42
41860	GALI- LEO 16 (26C)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32	23237	2,7896	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 17:35:55
41860	GALI- LEO 16 (26C)	20.01.2019 18:12:26	20.01.2019 18:13:36	23237	2,7896	1	MEO satelli- tes	S to W	12.12.201 8 17:35:55
22657	NAV- STAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:03:33	20.01.2019 18:04:43	21493	3,183	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	09.12.201 8 07:25:36
22657	NAV- STAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:11:15	20.01.2019 18:12:25	21493	3,183	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	09.12.201 8 07:25:36
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:04:44	20.01.2019 18:05:54	24667	11,1819	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 00:31:58
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:10:04	20.01.2019 18:11:14	24667	11,1819	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 00:31:58





Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
21890	NAV- STAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:05:55	20.01.2019 18:07:05	21080	4	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 05:23:49
21890	NAV- STAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:08:53	20.01.2019 18:10:03	21080	4	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 05:23:49
24320	NAV- STAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:16:40	20.01.2019 18:17:50	21570	3,1622	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 06:22:55
24320	NAV- STAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:26:25	20.01.2019 18:27:35	21570	3,1622	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 06:22:55
23833	NAV- STAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:17:51	20.01.2019 18:19:01	20743	3,981	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 10:01:33
23833	NAV- STAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:25:14	20.01.2019 18:26:24	20743	3,981	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 10:01:33
10091	NTS 2	20.01.2019 18:28:17	20.01.2019 18:29:27	20360	3,033	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 20:51:28
10091	NTS 2	20.01.2019 18:31:59	20.01.2019 18:33:09	20360	3,033	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 20:51:28
27704	NAV- STAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:47:03	20.01.2019 19:48:13	20838	4,0247	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	11.12.201 8 08:49:47



Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
27704	NAV- STAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:48:38	20.01.2019 19:49:48	20838	4,0247	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	11.12.201 8 08:49:47
27663	NAV- STAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:55:15	20.01.2019 20:56:25	20445	10	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 03:24:18
27663	NAV- STAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:57:38	20.01.2019 20:58:48	20445	10	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 03:24:18
21552	NAV- STAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:29:28	20.01.2019 18:30:38	21067	3,9045	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 04:01:50
21552	NAV- STAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:30:48	20.01.2019 18:31:58	21067	3,9045	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 04:01:50
14984	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 18:19:02	20.01.2019 18:20:12	19139	3,3359	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 10:28:30
14984	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 18:24:03	20.01.2019 18:25:13	19139	3,3359	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 10:28:30
22446	NAV- STAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:20:13	20.01.2019 18:21:23	21405	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	10.12.201 8 10:29:42
22446	NAV- STAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:22:52	20.01.2019 18:24:02	21405	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	10.12.201 8 10:29:42

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
20025	COSMO S 2023 (GLON- ASS)	20.01.2019 19:40:12	20.01.2019 19:41:22	19172	1,297	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	11.12.201 8 08:52:35
20025	COSMO S 2023 (GLON- ASS)	20.01.2019 19:45:52	20.01.2019 19:47:02	19172	1,297	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	11.12.201 8 08:52:35
21218	COSMO S 2141 (GLON- ASS)	20.01.2019 19:41:23	20.01.2019 19:42:33	19140	1,6182	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	11.12.201 8 20:21:32
21218	COSMO S 2141 (GLON- ASS)	20.01.2019 19:44:41	20.01.2019 19:45:51	19140	1,6182	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	11.12.201 8 20:21:32
22108	NAV- STAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:34:21	20.01.2019 18:35:31	21427	2,8785	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 03:27:03
22108	NAV- STAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:39:27	20.01.2019 18:40:37	21427	2,8785	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 03:27:03
21217	COSMO S 2140 (GLON- ASS)	20.01.2019 18:35:32	20.01.2019 18:36:42	19187	2,6436	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 12:59:23
21217	COSMO S 2140 (GLON- ASS)	20.01.2019 18:38:16	20.01.2019 18:39:26	19187	2,6436	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 12:59:23
18357	COSMO S 1885 (GLON- ASS)	20.01.2019 20:10:11	20.01.2019 20:11:21	19173	1,3863	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 13:08:03

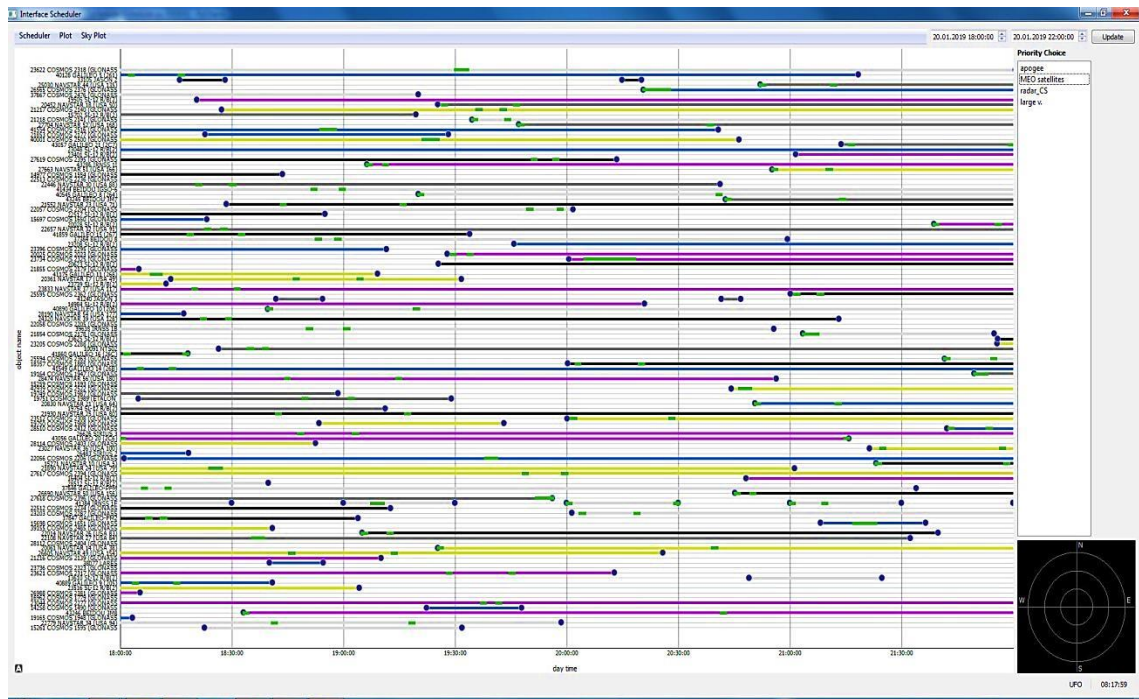
Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
18357	COSMO S 1885 (GLON- ASS)	20.01.2019 20:13:37	20.01.2019 20:14:47	19173	1,3863	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 13:08:03
20061	NAV- STAR 14 (USA 38)	20.01.2019 20:15:29	20.01.2019 20:16:39	21331	2,6554	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 14:17:10
20061	NAV- STAR 14 (USA 38)	20.01.2019 20:17:58	20.01.2019 20:19:08	21331	2,6554	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 14:17:10
15271	NAV- STAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:40:12	20.01.2019 21:41:22	21257	1,4013	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 22:01:00
15271	NAV- STAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:48:39	20.01.2019 21:49:49	21257	1,4013	1	Old navi- gation satelli- tes	E to S	12.12.201 8 22:01:00
20361	NAV- STAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:43:41	20.01.2019 18:44:51	21302	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	11.12.201 8 14:35:58
20361	NAV- STAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:51:19	20.01.2019 18:52:29	21302	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	11.12.201 8 14:35:58
15698	COSMO S 1651 (GLON- ASS)	20.01.2019 21:10:11	20.01.2019 21:11:21	19162	1,5488	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 04:15:15
15698	COSMO S 1651 (GLON- ASS)	20.01.2019 21:12:29	20.01.2019 21:13:39	19162	1,5488	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 04:15:15

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
22512	COSMO S 2234 (GLON- ASS)	20.01.2019 18:44:52	20.01.2019 18:46:02	19188	2,189	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 04:56:11
22512	COSMO S 2234 (GLON- ASS)	20.01.2019 18:50:08	20.01.2019 18:51:18	19188	2,189	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 04:56:11
22014	NAV- STAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:11:22	20.01.2019 19:12:32	21375	2,4603	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 07:01:27
22014	NAV- STAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:17:28	20.01.2019 19:18:38	21375	2,4603	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 07:01:27
26690	NAV- STAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:47:58	20.01.2019 20:49:08	20688	2,5119	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 07:29:24
26690	NAV- STAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:54:04	20.01.2019 20:55:14	20688	2,5119	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 07:29:24
21854	COSMO S 2178 (GLON- ASS)	20.01.2019 21:14:51	20.01.2019 21:16:01	19205	2,9351	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 09:45:05
21854	COSMO S 2178 (GLON- ASS)	20.01.2019 21:17:28	20.01.2019 21:18:38	19205	2,9351	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	12.12.201 8 09:45:05
28474	NAV- STAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:46:03	20.01.2019 18:47:13	20664	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 10:29:48



Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
28474	NAV- STAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:48:57	20.01.2019 18:50:07	20664	2,5118	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 10:29:48
26605	NAV- STAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:54:22	20.01.2019 18:55:32	20449	2,6007	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 11:06:42
26605	NAV- STAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:58:49	20.01.2019 18:59:59	20449	2,6007	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 11:06:42
20452	NAV- STAR 18 (USA 50)	20.01.2019 20:30:01	20.01.2019 20:31:11	21235	1,5223	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 12:32:02
20452	NAV- STAR 18 (USA 50)	20.01.2019 20:40:17	20.01.2019 20:41:27	21235	1,5223	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 12:32:02
21930	NAV- STAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:55:33	20.01.2019 18:56:43	21477	2,4978	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 12:44:21
21930	NAV- STAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:57:38	20.01.2019 18:58:48	21477	2,4978	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 12:44:21
20830	NAV- STAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:50:35	20.01.2019 20:51:45	21432	2,0801	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 14:50:03
20830	NAV- STAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:52:53	20.01.2019 20:54:03	21432	2,0801	1	Old navi- gation satelli- tes	N to E	12.12.201 8 14:50:03

Satel- lit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apogee	Radar- quer- schnitt	Über- flüge	Kam- pagne	Sec- tor	Letztes TLE Up- date
25030	NAV- STAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:41:23	20.01.2019 21:42:33	20646	2,4717	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 17:27:57
25030	NAV- STAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:47:28	20.01.2019 21:48:38	20646	2,4717	1	Old navi- gation satelli- tes	S to W	12.12.201 8 17:27:57
15261	COSMO S 1595 (GLON- ASS)	20.01.2019 19:12:33	20.01.2019 19:13:43	19241	1,5	1	Old navi- gation satelli- tes	W to N	13.12.201 8 03:27:26





### Anhang 3.14 Testszenario 5 Schedule nach Beobachtungszeit

Satelliten ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:03:33	20.01.2019 18:04:43
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:04:44	20.01.2019 18:05:54
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:05:55	20.01.2019 18:07:05
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:07:06	20.01.2019 18:08:16
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:08:17	20.01.2019 18:09:52
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:09:53	20.01.2019 18:11:03
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:11:04	20.01.2019 18:12:14
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:12:15	20.01.2019 18:13:25
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:13:26	20.01.2019 18:14:36
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:14:37	20.01.2019 18:15:47
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:15:48	20.01.2019 18:16:58
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:16:59	20.01.2019 18:18:09
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:18:10	20.01.2019 18:19:20
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:19:21	20.01.2019 18:20:31
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:20:32	20.01.2019 18:22:53
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:22:54	20.01.2019 18:24:04
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:24:05	20.01.2019 18:25:15
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:25:16	20.01.2019 18:26:26
10091	NTS 2	20.01.2019 18:26:27	20.01.2019 18:27:37
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:28:36	20.01.2019 18:30:47
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:30:48	20.01.2019 18:31:58
10091	NTS 2	20.01.2019 18:31:59	20.01.2019 18:33:09
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 18:34:21	20.01.2019 18:44:31
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 18:44:32	20.01.2019 18:54:42
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:54:43	20.01.2019 18:55:53
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:55:54	20.01.2019 18:57:04
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:57:05	20.01.2019 18:58:15
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 18:58:16	20.01.2019 19:01:25
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 19:01:26	20.01.2019 19:02:36
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 19:02:37	20.01.2019 19:03:47
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 19:03:48	20.01.2019 19:04:58
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:04:59	20.01.2019 19:07:35
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:07:36	20.01.2019 19:08:46
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 19:08:47	20.01.2019 19:09:57
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 19:09:58	20.01.2019 19:20:08
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:30:19

Satelliten ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:30:20	20.01.2019 19:40:30
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 19:40:31	20.01.2019 19:50:41
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 19:50:42	20.01.2019 19:51:52
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:51:53	20.01.2019 19:53:03
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 19:53:04	20.01.2019 19:54:14
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:54:15	20.01.2019 19:56:01
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:56:02	20.01.2019 19:57:12
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 19:57:13	20.01.2019 19:58:23
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:58:24	20.01.2019 19:59:34
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 19:59:35	20.01.2019 20:00:45
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 20:00:46	20.01.2019 20:10:56
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 20:10:57	20.01.2019 20:21:07
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 20:21:08	20.01.2019 20:31:18
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:31:19	20.01.2019 20:41:29
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 20:41:30	20.01.2019 20:42:40
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:43:51
41240	JASON 3	20.01.2019 20:43:52	20.01.2019 20:44:32
41240	JASON 3	20.01.2019 20:44:33	20.01.2019 20:45:13
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:45:14	20.01.2019 20:46:24
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:25	20.01.2019 20:48:12
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:48:13	20.01.2019 20:49:23
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:49:24	20.01.2019 20:50:34
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:50:35	20.01.2019 20:51:45
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 20:51:59	20.01.2019 20:53:09
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:55:15	20.01.2019 20:56:25
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 20:56:26	20.01.2019 20:57:36
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 20:57:37	20.01.2019 20:58:47
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 20:58:48	20.01.2019 20:59:58
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:03:29	20.01.2019 21:05:09
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:05:10	20.01.2019 21:06:20
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 21:06:21	20.01.2019 21:07:31
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 21:07:32	20.01.2019 21:08:42
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 21:08:43	20.01.2019 21:09:53
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 21:09:54	20.01.2019 21:11:04
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:11:05	20.01.2019 21:12:15
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 21:12:16	20.01.2019 21:13:26
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:13:27	20.01.2019 21:14:37
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 21:14:38	20.01.2019 21:15:48
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:15:49	20.01.2019 21:16:59
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:17:00	20.01.2019 21:21:54
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:21:55	20.01.2019 21:23:05
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:23:06	20.01.2019 21:24:16

Satelliten ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
23027	NAVSTAR 36 (USA 100)	20.01.2019 21:24:17	20.01.2019 21:34:27
20028	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 21:38:35	20.01.2019 21:46:16
20028	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 21:46:17	20.01.2019 21:47:27
23027	NAVSTAR 36 (USA 100)	20.01.2019 21:47:28	20.01.2019 21:57:38
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:57:39	20.01.2019 21:58:49
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:58:50	20.01.2019 22:00:00

### Anhang 3.15 Testszenario 5 Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop	Apogee	Radar-quer-schnitt	Sichtbarkeitsdauer /s	Kampagne
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 18:00:00	20.01.2019 18:01:10	23229	-1	29282.0	MEO satellites
43056	GALILEO 20 (2C6)	20.01.2019 21:14:38	20.01.2019 21:15:48	23229	-1	29282.0	MEO satellites
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 20:42:41	20.01.2019 20:43:51	21533	-1	25533.0	MEO satellites
43245	BEIDOU 3M7	20.01.2019 21:13:27	20.01.2019 21:14:37	21533	-1	25533.0	MEO satellites
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 18:33:10	20.01.2019 18:34:20	21543	-1	25102.0	MEO satellites
43246	BEIDOU 3M8	20.01.2019 20:41:30	20.01.2019 20:42:40	21543	-1	25102.0	MEO satellites
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:01:11	20.01.2019 18:02:21	23237	2,7896	19045.0	MEO satellites
41860	GALILEO 16 (26C)	20.01.2019 18:16:59	20.01.2019 18:18:09	23237	2,7896	19045.0	MEO satellites
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:15:49	20.01.2019 21:16:59	23227	-1	18484.0	MEO satellites
43057	GALILEO 21 (2C7)	20.01.2019 21:58:50	20.01.2019 22:00:00	23227	-1	18484.0	MEO satellites
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 18:34:21	20.01.2019 18:44:31	26217	4,1215	16643.0	MEO satellites
40128	GALILEO 5 (261)	20.01.2019 20:31:19	20.01.2019 20:41:29	26217	4,1215	16643.0	MEO satellites
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 19:20:09	20.01.2019 19:30:19	23224	9,4592	28128.0	MEO satellites
40545	GALILEO 8 (264)	20.01.2019 20:21:08	20.01.2019 20:31:18	23224	9,4592	28128.0	MEO satellites
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 18:44:32	20.01.2019 18:54:42	23224	6,5968	27293.0	MEO satellites
41549	GALILEO 14 (26B)	20.01.2019 19:09:58	20.01.2019 19:20:08	23224	6,5968	27293.0	MEO satellites
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 19:30:20	20.01.2019 19:40:30	23227	8,8826	23243.0	MEO satellites
40890	GALILEO 10 (206)	20.01.2019 20:10:57	20.01.2019 20:21:07	23227	8,8826	23243.0	MEO satellites
37846	GALILEO-PFM	20.01.2019 19:40:31	20.01.2019 19:50:41	23237	12,6191	19482.0	MEO satellites

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Sichtbar- keitsdau- er /s	Kampagne
37846	GALILEO- PFM	20.01.2019 20:00:46	20.01.2019 20:10:56	23237	12,6191	19482.0	MEO satel- lites
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:02:22	20.01.2019 18:03:32	23241	18,3608	6172.0	MEO satel- lites
41859	GALILEO 15 (267)	20.01.2019 18:15:48	20.01.2019 18:16:58	23241	18,3608	6172.0	MEO satel- lites
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:03:33	20.01.2019 18:04:43	20743	3,981	23813.0	Old naviga- tion satelli- tes
23833	NAVSTAR 37 (USA 117)	20.01.2019 18:14:37	20.01.2019 18:15:47	20743	3,981	23813.0	Old naviga- tion satelli- tes
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:04:44	20.01.2019 18:05:54	21405	2,5118	23343.0	Old naviga- tion satelli- tes
22446	NAVSTAR 30 (USA 88)	20.01.2019 18:13:26	20.01.2019 18:14:36	21405	2,5118	23343.0	Old naviga- tion satelli- tes
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 19:50:42	20.01.2019 19:51:52	21331	2,6554	23073.0	Old naviga- tion satelli- tes
20061	NAVSTAR 14 (USA 38)	20.01.2019 19:59:35	20.01.2019 20:00:45	21331	2,6554	23073.0	Old naviga- tion satelli- tes
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:23:06	20.01.2019 21:24:16	21257	1,4013	23020.0	Old naviga- tion satelli- tes
15271	NAVSTAR 10 (USA 5)	20.01.2019 21:57:39	20.01.2019 21:58:49	21257	1,4013	23020.0	Old naviga- tion satelli- tes
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:05:55	20.01.2019 18:07:05	21570	3,1622	22976.0	Old naviga- tion satelli- tes
24320	NAVSTAR 39 (USA 128)	20.01.2019 18:12:15	20.01.2019 18:13:25	21570	3,1622	22976.0	Old naviga- tion satelli- tes
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:07:06	20.01.2019 18:08:16	21493	3,183	22955.0	Old naviga- tion satelli- tes

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Sichtbar- keitsdau- er /s	Kampagne
22657	NAVSTAR 32 (USA 91)	20.01.2019 18:11:04	20.01.2019 18:12:14	21493	3,183	22955.0	Old naviga- tion satelli- tes
10091	NTS 2	20.01.2019 18:26:27	20.01.2019 18:27:37	20360	3,033	22878.0	Old naviga- tion satelli- tes
10091	NTS 2	20.01.2019 18:31:59	20.01.2019 18:33:09	20360	3,033	22878.0	Old naviga- tion satelli- tes
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:08:17	20.01.2019 18:09:27	21080	4	22604.0	Old naviga- tion satelli- tes
21890	NAVSTAR 24 (USA 79)	20.01.2019 18:09:53	20.01.2019 18:11:03	21080	4	22604.0	Old naviga- tion satelli- tes
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:18:10	20.01.2019 18:19:20	21427	2,8785	22245.0	Old naviga- tion satelli- tes
22108	NAVSTAR 27 (USA 84)	20.01.2019 18:25:16	20.01.2019 18:26:26	21427	2,8785	22245.0	Old naviga- tion satelli- tes
23027	NAVSTAR 36 (USA 100)	20.01.2019 21:24:17	20.01.2019 21:34:27	20534	1,9565	21600.0	Old naviga- tion satelli- tes
23027	NAVSTAR 36 (USA 100)	20.01.2019 21:47:28	20.01.2019 21:57:38	20534	1,9565	21600.0	Old naviga- tion satelli- tes
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:51:53	20.01.2019 19:53:03	20838	4,0247	20974.0	Old naviga- tion satelli- tes
27704	NAVSTAR 52 (USA 168)	20.01.2019 19:58:24	20.01.2019 19:59:34	20838	4,0247	20974.0	Old naviga- tion satelli- tes
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:19:21	20.01.2019 18:20:31	21477	2,4978	20373.0	Old naviga- tion satelli- tes
21930	NAVSTAR 25 (USA 80)	20.01.2019 18:24:05	20.01.2019 18:25:15	21477	2,4978	20373.0	Old naviga- tion satelli- tes

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Sichtbar- keitsdau- er /s	Kampagne
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 20:50:35	20.01.2019 20:51:45	21432	2,0801	17172.0	Old naviga- tion satelli- tes
20830	NAVSTAR 21 (USA 64)	20.01.2019 21:12:16	20.01.2019 21:13:26	21432	2,0801	17172.0	Old naviga- tion satelli- tes
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:28:36	20.01.2019 18:29:46	21067	3,9045	14608.0	Old naviga- tion satelli- tes
21552	NAVSTAR 23 (USA 71)	20.01.2019 18:30:48	20.01.2019 18:31:58	21067	3,9045	14608.0	Old naviga- tion satelli- tes
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:20:32	20.01.2019 18:21:42	20664	2,5118	14182.0	Old naviga- tion satelli- tes
28474	NAVSTAR 56 (USA 180)	20.01.2019 18:22:54	20.01.2019 18:24:04	20664	2,5118	14182.0	Old naviga- tion satelli- tes
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 20:51:59	20.01.2019 20:53:09	20646	2,4717	13386.0	Old naviga- tion satelli- tes
25030	NAVSTAR 44 (USA 135)	20.01.2019 21:11:05	20.01.2019 21:12:15	20646	2,4717	13386.0	Old naviga- tion satelli- tes
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:45:14	20.01.2019 20:46:24	20688	2,5119	13149.0	Old naviga- tion satelli- tes
26690	NAVSTAR 50 (USA 156)	20.01.2019 20:49:24	20.01.2019 20:50:34	20688	2,5119	13149.0	Old naviga- tion satelli- tes
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 18:54:43	20.01.2019 18:55:53	20449	2,6007	12843.0	Old naviga- tion satelli- tes
26605	NAVSTAR 49 (USA 154)	20.01.2019 19:08:47	20.01.2019 19:09:57	20449	2,6007	12843.0	Old naviga- tion satelli- tes
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 19:53:04	20.01.2019 19:54:14	21235	1,5223	11296.0	Old naviga- tion satelli- tes

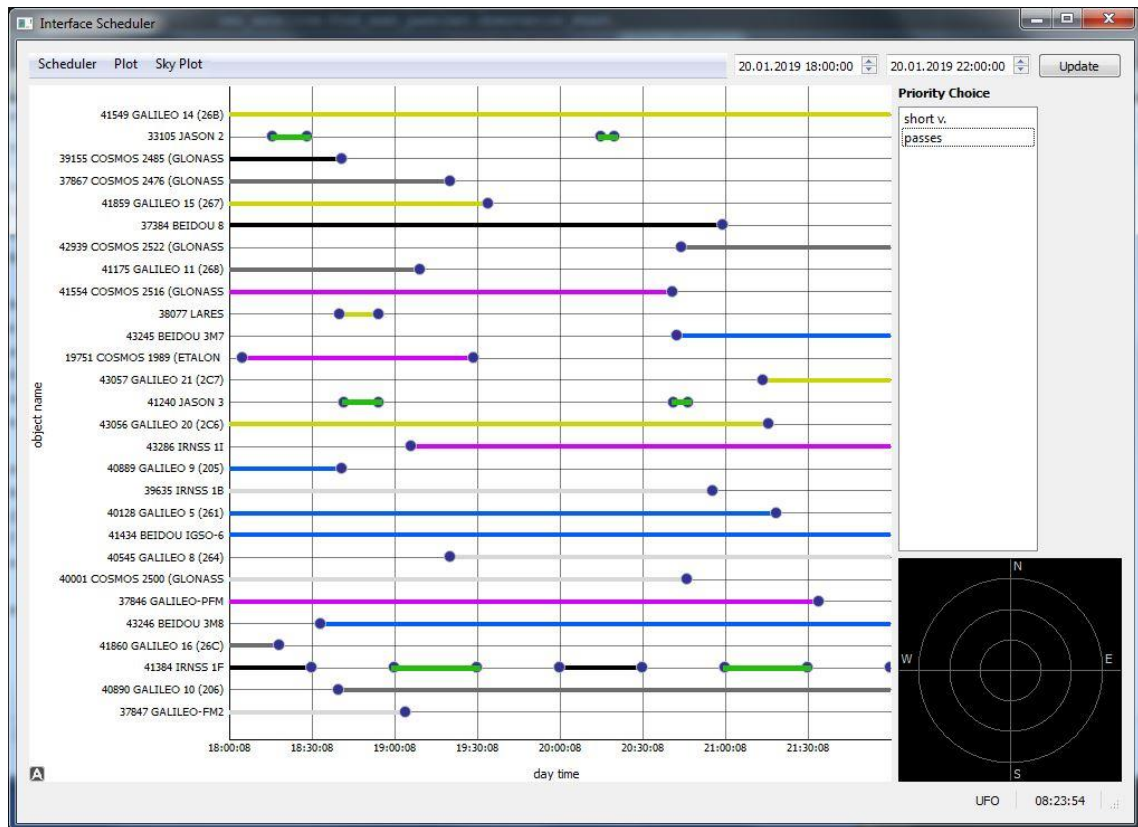
Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop	Apogee	Radar-quer-schnitt	Sichtbar-keitsdauer /s	Kampagne
20452	NAVSTAR 18 (USA 50)	20.01.2019 19:57:13	20.01.2019 19:58:23	21235	1,5223	11296.0	Old navigation satellites
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:04:59	20.01.2019 19:06:09	21375	2,4603	9291.0	Old navigation satellites
22014	NAVSTAR 26 (USA 83)	20.01.2019 19:07:36	20.01.2019 19:08:46	21375	2,4603	9291.0	Old navigation satellites
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 18:55:54	20.01.2019 18:57:04	21302	2,5118	4683.0	Old navigation satellites
20361	NAVSTAR 17 (USA 49)	20.01.2019 19:03:48	20.01.2019 19:04:58	21302	2,5118	4683.0	Old navigation satellites
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 18:57:05	20.01.2019 18:58:15	24667	11,1819	31850.0	Old navigation satellites
26626	SIRIUS 3	20.01.2019 19:02:37	20.01.2019 19:03:47	24667	11,1819	31850.0	Old navigation satellites
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 20:55:15	20.01.2019 20:56:25	20445	10	15768.0	Old navigation satellites
27663	NAVSTAR 51 (USA 166)	20.01.2019 21:09:54	20.01.2019 21:11:04	20445	10	15768.0	Old navigation satellites
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:54:15	20.01.2019 19:55:25	35872	-1	52240.0	MEO satellites
43286	IRNSS 1I	20.01.2019 19:56:02	20.01.2019 19:57:12	35872	-1	52240.0	MEO satellites
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:46:25	20.01.2019 20:47:35	19144	-1	14811.0	MEO satellites
42939	COSMOS 2522 (GLONASS)	20.01.2019 20:48:13	20.01.2019 20:49:23	19144	-1	14811.0	MEO satellites
41240	JASON 3	20.01.2019 20:43:52	20.01.2019 20:44:32	1344	2,7109	318.0	MEO satellites
41240	JASON 3	20.01.2019 20:44:33	20.01.2019 20:45:13	1344	2,7109	318.0	MEO satellites



Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Sichtbar- keitsdau- er /s	Kampagne
20028	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 21:38:35	20.01.2019 21:39:45	19124	1,3934	20821.0	Old naviga- tion satelli- tes
20028	SL-12 R/B(2)	20.01.2019 21:46:17	20.01.2019 21:47:27	19124	1,3934	20821.0	Old naviga- tion satelli- tes
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 20:56:26	20.01.2019 20:57:36	19140	1,6182	20448.0	Old naviga- tion satelli- tes
21218	COSMOS 2141 (GLONASS)	20.01.2019 21:08:43	20.01.2019 21:09:53	19140	1,6182	20448.0	Old naviga- tion satelli- tes
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 20:57:37	20.01.2019 20:58:47	19173	1,3863	20227.0	Old naviga- tion satelli- tes
18357	COSMOS 1885 (GLONASS)	20.01.2019 21:07:32	20.01.2019 21:08:42	19173	1,3863	20227.0	Old naviga- tion satelli- tes
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 20:58:48	20.01.2019 20:59:58	19172	1,297	20112.0	Old naviga- tion satelli- tes
20025	COSMOS 2023 (GLONASS)	20.01.2019 21:06:21	20.01.2019 21:07:31	19172	1,297	20112.0	Old naviga- tion satelli- tes
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 18:58:16	20.01.2019 18:59:26	19187	2,6436	19501.0	Old naviga- tion satelli- tes
21217	COSMOS 2140 (GLONASS)	20.01.2019 19:01:26	20.01.2019 19:02:36	19187	2,6436	19501.0	Old naviga- tion satelli- tes
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:03:29	20.01.2019 21:04:39	19205	2,9351	3078.0	Old naviga- tion satelli- tes
21854	COSMOS 2178 (GLONASS)	20.01.2019 21:05:10	20.01.2019 21:06:20	19205	2,9351	3078.0	Old naviga- tion satelli- tes
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:17:00	20.01.2019 21:18:10	19162	1,5488	1703.0	Old naviga- tion satelli- tes

Satellit ID	Satellit Name	Beobach- tungsstart	Beobach- tungsstop	Apoge e	Radar- quer- schnitt	Sichtbar- keitsdau- er /s	Kampagne
15698	COSMOS 1651 (GLONASS)	20.01.2019 21:21:55	20.01.2019 21:23:05	19162	1,5488	1703.0	Old naviga- tion satelli- tes

### Anhang 3.16 Testszenario „gesamte Überflüge“ Interface



### Anhang 3.17 Testszenario „gesamte Überflüge“ Schedule nach Beobachtungszeit

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungsstart	Beobachtungsstop
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15:59	20.01.2019 18:28:26
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41:49	20.01.2019 18:54:31
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00:00	20.01.2019 19:30:10
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14:48	20.01.2019 20:20:12
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41:28	20.01.2019 20:46:56
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00:00	20.01.2019 21:30:10

### Anhang 3.18 Testszenario „gesamte Überflüge“ Schedule nach Sortierungsreihenfolge

Satellit ID	Satellit Name	Beobachtungs-start	Beobachtungs-stop	Sichtbarkeitsdauer / s	Überflüge
33105	JASON 2	20.01.2019 20:14	20.01.2019 20:20	314.0	2
41240	JASON 3	20.01.2019 20:41	20.01.2019 20:46	318.0	2
33105	JASON 2	20.01.2019 18:15	20.01.2019 18:28	737.0	2
41240	JASON 3	20.01.2019 18:41	20.01.2019 18:54	752.0	2
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 19:00	20.01.2019 19:30	1800.0	5
41384	IRNSS 1F	20.01.2019 21:00	20.01.2019 21:30	1800.0	5

## Anhang 4 Digitaler Anhang (SD-Karte)

### Inhalt:

1. Abbildungen
2. Ausarbeitung
3. Diagramme
4. Quellcode
5. Tests (Tabellen und Grafiken)
6. Thesis Präsentation
7. Zweiseitige Zusammenfassung